

AVANCES CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS EN MÉXICO II

TOMO VII
MEDICINA Y
CIENCIAS DE LA SALUD



Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



PREFACIO

En este compendio se presentan avances de investigación y desarrollo tecnológico logrados en diversas áreas de la ciencia, cuyo objetivo principal es contribuir a la difusión del quehacer científico y tecnológico que se realiza en México, así como promover el trabajo interdisciplinario entre miembros de diferentes disciplinas científicas.

El presente trabajo está organizado en siete tomos los cuales corresponden a las siguientes áreas científicas: I) Biología y química, II) Biotecnología y ciencias agropecuarias, III) Ciencias sociales, IV) Físico matemáticas y ciencias de la tierra, V) Humanidades, ciencias de la conducta y divulgación científica, VI) Ingenierías, así como VII) Medicina y ciencias de la salud.

Octubre de 2025
León, Gto., México

María Eugenia Sánchez Morales
Gloria Verónica Vázquez García
Amalia Martínez García
Cristina E. Solano Sosa
María del Socorro Hernández Montes
Laura Elena Rosales Zárate
Alexandra Monsetrrat García

DECLARACIÓN LEGAL

EDITORES:

María Eugenia Sánchez Morales
Gloria Verónica Vázquez García
Amalia Martínez García
Cristina E. Solano Sosa
María del Socorro Hernández Montes
Laura Elena Rosales Zarate
Alexandra Monsetrrat García

Avances Científicos y Tecnológicos en México II

ISBN GENERAL 978-607-8821-53-2

Fecha de otorgamiento 22/09/2025

Tomo VII Medicina y Ciencias de la Salud

ISBN 978-607-8821-53-2

Fecha de otorgamiento 22/09/2025

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores.

Temacilli Editorial
Lagos de Moreno, Jalisco
<http://temacilli-editorial.com>

D.R. Centro de Investigaciones en Óptica, A.C.
Loma del Bosque 115, Col. Lomas del Campestre
C.P. 37150 León, Guanajuato
México
Hecho en México

Avances Científicos y Tecnológicos en México II

Tomo VII

**Medicina y Ciencias
de la Salud**

TABLA DE CONTENIDO

ANÁLISIS DE LA CINEMÁTICA DE LA MARCHA EN UN PACIENTE CON PRÓTESIS PARA AMPUTACIÓN DE CHOPART	5
FRECUENCIA DEL CUMPLIMIENTO DE LA NOM-007-SSA3-2011 EN LABORATORIOS CLÍNICOS EN EL ESTADO DE GUERRERO	17
DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE PRÓTESIS PARA PERSONAS CARENTES DE EXTREMIDAD SUPERIOR DERECHA MEDIANTE UN DESARROLLADOR CAD	24
CONTRASTE DE CITOCOMPATIBILIDAD ENTRE PROTOTIPOS DE CEMENTO MEXICANO Y CEMENTOS ODONTOLÓGICOS COMERCIALES	31
IMPACTO DE LA FUNCIÓN GASTROINTESTINAL Y LA ACTIVIDAD FÍSICA SOBRE EL CONTROL GLUCÉMICO EN PACIENTES CON DIABETES Y ENFERMEDAD PERIODONTAL DEL CENTRO DE SALUD ZONA ORIENTE DE COLIMA, MÉXICO: ESTUDIO PILOTO	36
USO DE UÑAS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE FLUORURO SISTÉMICO EN ESCOLARES PROVENIENTES DE ZONAS DE BAJA Y ALTA EXPOSICIÓN EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO	47
DIFERENCIAS EN EL GROSOR DE LA CAPA DE CÉLULAS GANGLIONARES DE LA RETINA EN MUJERES CON ENFERMEDAD DE ALZHEIMER	53
ARTRITIS REUMATOIDE Y LA INTERVENCIÓN DEL FISIOTERAPEUTA	60
AISLAMIENTO DE BACTERIÓFAGOS ESPECÍFICOS CONTRA CEPAS DE <i>Acinetobacter Baumannii</i> MULTIRRESISTENTE A ANTIBIÓTICOS, AISLADAS DE PACIENTES Y ENTORNOS HOSPITALARIOS EN MORELIA, MICHOACÁN	68
ANÁLISIS DE LA FORMACIÓN DE DIMICOLATO DE TREHALOSA EN CEPAS DE <i>Mycobacterium Tuberculosis</i> CON DIFERENCIAS EN LA FÁRMACO RESISTENCIA FENOTÍPICA Y GENOTÍPICA	73
FORMACIÓN DE BIOPELÍCULA Y PERSISTENCIA DE CEPAS CLÍNICAS DE <i>Acinetobacter Baumannii</i> DE MICHOACÁN	78
INFECCIONES MIXTAS POR PATÓGENOS EN PACIENTES CON NECROBIOSIS: UN DESAFÍO DIAGNÓSTICO Y TERAPÉUTICO	84
IMPLEMENTACIÓN DE ACTIVACIÓN FÍSICA (CAMINATA 10,000 PASOS) EN PARÁMETROS Y BIOQUÍMICOS DE DOCENTES UNIVERSITARIOS	91
ANÁLISIS DEL GESTO TÉCNICO DEPORTIVO EN UN ATLETA DE HALTEROFILIA DE ALTO RENDIMIENTO: CINEMÁTICA DEL ARRANQUE Y ENVIÓN	97
COLÁGENO Y GRENETINA GRADO ALIMENTICIO: CONSTRUYENDO PIEL EN EL LABORATORIO	105
ANÁLISIS DE PARASITOSIS INTESTINALES EN RELACIÓN AL CONSUMO DE ANTIPARASITARIOS EN ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE QFB-UMSNH	110
PREVALENCIA Y PRINCIPALES DESENCADENANTES DE ALERGIAS ALIMENTARIAS	117
EFFECTO DEL ENTRENAMIENTO AERÓBICO EN LA EXPRESIÓN DE NRF2 EN MÚSCULO ESQUELÉTICO DE RATAS DIABÉTICAS	122
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE <i>Staphylococcus Aureus</i> PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN MUESTRAS DE QUESO EN EL MERCADO DE PUERTO ESCONDIDO, OAXACA	129
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CÁNCER DE MAMA A TRAVÉS DE ESPECTROSCOPIA RAMAN Y MACHINE LEARNING	137

RELACIÓN DE LA GASTRITIS CON HÁBITOS ALIMENTICIOS DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE 20 A 25 AÑOS	148
EFFECTOS DE LA FRAGMENTACION DEL HABITAT EN LA PREVALENCIA, RIQUEZA Y CARGA PARASITARIA DE DOS GRUPOS DE MONOS AULLADORES	154
VARIABLES BIOMÉDICAS Y SU ASOCIACIÓN A LOS TIPOS DE ALIMENTACIÓN EN UNA POBLACIÓN PREESCOLAR DE UNA ESCUELA PÚBLICA DE SAN AGUSTÍN TLAXIACA, HIDALGO	160
PULSERA INTELIGENTE DE MONITOREO DE RAYOS UV PARA PROTECCIÓN SOLAR.....	166
EFFECTO DEL CAMBIO DE RAPIDEZ DE LA MARCHA SOBRE LOS PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES Y LA CINEMÁTICA DE LA RODILLA.....	174
EVALUACION DEL DESARROLLO INFANTIL EN NIÑOS PREESCOLARES EN UNA INSTITUCIÓN PREESCOLAR.....	188
IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS EN LA ROPA DE SEGUNDA MANO DE LOS MERCADOS DE CDMX Y EDO. MÉX EN EL AÑO 2025	193
ESTUDIO DE PREVALENCIA DE BACTERIAS AISLADAS EN PACIENTES CON COMPLICACIONES DE PIE DIABÉTICO: RESULTADOS DICIEMBRE 2023 A DICIEMBRE 2024	204
DEPRESIÓN Y SU ASOCIACIÓN CON EL NIVEL DE RESILIENCIA, EN ADOLESCENTES EMBARAZADAS DEL HOSPITAL MATERNO PERINATAL MÓNICA PRETELINI SÁENZ, EDO. MEX.....	210
REVISIÓN SOBRE LA EFICACIA DE ANTIPARASITARIOS EN UN MODELO MURINO DE TRICHINELLOSIS	220
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CRECIMIENTO, ACTIVIDAD METABÓLICA Y EXPRESIÓN DE GENES CENTRALES DE LA SÍNTESIS DE ÁCIDOS GRASOS EN LÍNEAS CELULARES CANCEROSAS DE ORIGEN MAMARIO BAJO LIMITACIÓN NUTRIMENTAL	226
DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA MUÑEQUERA TERAPÉUTICA PARA LA PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DEL SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO	234
CONOCIMIENTOS DE NUTRICIÓN Y RIESGO CARDIOVASCULAR EN ESTUDIANTES DE DIVERSAS ÁREAS EN UN CENTRO EDUCATIVO	238
ADHESIÓN BACTERIANA EN MATERIALES TERMOPLÁSTICOS: RETENEDORES ESSIX® Y ALINEADORES ALIWELL® EMPLEADOS EN ORTODONCIA.....	246
BÚSQUEDA DE CEPAS DE <i>Mycobacterium Tuberculosis</i> CON DISCREPANCIAS ENTRE SU SUSCEPTIBILIDAD FENOTÍPICA Y LA GENOTÍPICA A LOS ANTIBIÓTICOS DE PRIMERA LÍNEA	251
EL IMPACTO DE LA POLIFARMACIA EN LA CALIDAD DE VIDA DE LOS ADULTOS MAYORES DE PUEBLA. 2025	255
CONOCIMIENTO SOBRE MEDICAMENTOS ASOCIADOS A OSTEONECROSIS DE LOS MAXILARES EN ESTUDIANTES DE ODONTOLOGÍA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE LOS ALTOS.....	271
ESTUDIO COMPARATIVO DEL ÍNDICE CPO Y EL ÍNDICE DE PLACA DE SILNESS Y LOE ENTRE ESTUDIANTES DE PRIMERO Y SEXTO DE LA ESCUELA MANUEL LÓPEZ COTILLA EN TEPATITLÁN DE MORELOS, JAL.	278
DETECCIÓN DE ALTERACIONES MÚSCULO-ESQUELÉTICAS DEL PIE A TRAVÉS DE REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES	284
PREDICCIÓN DE LA FATIGA MUSCULAR DEL GASTROCNEMIO CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ANÁLISIS MULTIMODAL	289
SÍNDROME DE BURNOUT EN EL PERSONAL DEL ÁREA QUIRÚRGICA	303

YOGURT KÉFIR COMO TRATAMIENTO COADYUVANTE EN TRASTORNOS GASTROINTESTINALES DE MEXIQUENSES EN 2025.....	310
PERVIVENCIA DE CONDUCTAS DE AUTOCUIDADO PSICOLÓGICO EN ALUMNOS DE LA LICENCIATURA EN NUTRICIÓN DE LA FACULTAD DE MEDICINA UAEMEX. 2024	316
EFFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN AGUDA Y CRÓNICA DE UN EXTRACTO DE <i>H. Sabdariffa L.</i> SOBRE LA HIPERGLUCEMIA POSTPRANDIAL EN RATAS SANAS	323
PREVALENCIA DE ENTEROBACTERIAS MULTIRRESISTENTES EN PACIENTES CON INSUFICIENCIA VENOSA.....	333
EFFECTIVIDAD DE <i>Hibiscus Sabdariffa</i> Y <i>Citrullus Lanatus</i> COMO TRATAMIENTO COADYUVANTE DE PACIENTES HIPERTENSOS EN CLÍNICAS DEL EDO. MEX.....	340
EFFECTO DE LA CARGA ACADEMICA EN EL IMC E ICC DE LOS ESTUDIANTES DE PREPARATORIA EN ZACATECAS.....	347
IDENTIFICACIÓN DEL ESTATUS PROLIFERATIVO EN SUBPOBLACIONES DE LÍNEAS CELULARES CANCEROSAS HUMANAS BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS NUTRICIONAL .	357
SISTEMA DE DIAGNÓSTICO ASISTIDO PARA NÓDULOS TIROIDEOS BASADO EN TERMOGRAFÍA INFRARROJA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	365
FRECUENCIA DE ANTECEDENTES HEREDOFAMILIARES COMO FACTOR DE RIESGO EN ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES EN ESTUDIANTES.....	380
MARCADORES PERIFÉRICOS: PROTEÍNA PRECURSORA DEL B-AMILOIDE, APOLIPOPROTEÍNA E Y LA MUTACIÓN A8021G EN PACIENTES CON LA ENFERMEDAD DE ALZHEIMER	387
EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA MIEL DE <i>Melipona Beecheii</i> PARA SU USO EN UN HIDROGEL MEDICINAL	396
ÍNDICE APOB/APOA1 Y SU ASOCIACIÓN CON FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR EN JÓVENES GUERRERENSES	404
ASOCIACIÓN ENTRE EL ESTRÉS PSICOSOCIAL Y LA HIPERTENSIÓN GESTACIONAL EN MUJERES ATENDIDAS EN LOS HOSPITALES RURALES DEL ESTADO DE ZACATECAS.....	411
CARACTERIZACIÓN DE SALUD DE NIÑOS ESCOLARES EN UNA ESCUELA PRIMARIA DE PACHUCA HIDALGO.....	417
PREVALENCIA DE <i>Pseudomonas Aeruginosa</i> RESISTENTE A AMOXICILINA/ÁCIDO CLAVULÁNICO ENCONTRADAS EN HERIDAS DE PIE DIABÉTICO	423
PREVALENCIA DE <i>Salmonella</i> Spp. EN LECHUGA (<i>Lactuca Sativa</i> , Var. Iceberg) COMERCIALIZADA EN MERCADOS Y TIENDAS DE OCOTLÁN JALISCO	429
LA INHIBICION DE LOS RECEPTORES GABAA AUMENTA LA PATOGENICIDAD DE LA <i>Escherichia Coli</i> ENTEROPATOGENA EN EL NEMATODO <i>Caenorhabditis Elegans</i>	435
RELACIÓN DEL ÍNDICE GLUCOSA/TRIGLICÉRIDOS CON VARIABLES BIOQUÍMICAS Y ANTROPOMÉTRICAS EN UNA MUESTRA DE JÓVENES DEL ESTADO DE JALISCO.....	440
RELACIÓN ENTRE LA VELOCIDAD DE INGESTA DE ALIMENTOS Y EL SOBREPESO EN 100 ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS: POSIBLE INFLUENCIA DE LA COLECISTOQUININA	447
VIOLENCIA DE GÉNERO NO PERCIBIDA: NEGACIÓN INCONSCIENTE Y DESCONOCIMIENTO	452
EFFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA SOBRE LA BIOACCESIBILIDAD <i>IN VITRO</i> DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES, ÁCIDO ASCÓRBICO Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CÁSCARA DE AGUACATE (<i>Persea Americana Mill Var. Hass</i>)	458
ADHERENCIA TERAPÉUTICA Y AUTOMEDICACIÓN EN LAS COMUNIDADES DE SAN JACINTO Y AHUATLÁN, JALISCO	463

ANÁLISIS DEL POLIMORFISMO rs2073618 DEL GEN <i>TNFRSF11B</i> (<i>OPG</i>) Y LA PREVALENCIA DE CARIES EN UNA POBLACIÓN ESCOLAR DE EL SALVADOR.....	475
IDENTIFICACIÓN DE MANEJO DE MEDICAMENTOS CADUCADOS. CONOCIMIENTO, RIESGOS Y PRÁCTICAS DE CONSUMO EN EL CUCIÉNEGA UDG, OCOTLÁN, JAL.....	482
LA INHIBICIÓN DE LA NADPH OXIDASA REDUCE LA PEROXIDACIÓN LIPÍDICA EN EL MÚSCULO ESQUELETICO DE RATAS DIABÉTICAS	491

ANÁLISIS DE LA CINEMÁTICA DE LA MARCHA EN UN PACIENTE CON PRÓTESIS PARA AMPUTACIÓN DE CHOPART

Juan Carlos García-Valadez*, Israel Miguel-Andrés, Luis Ángel Ortiz-Lango y Jorge Armando Ramos-Frutos.

Laboratorio Nacional CONAHCYT en Biomecánica del Cuerpo Humano, CIATEC, León,
Guanajuato 37545, México.
jcgarcia@ciatec.mx

RESUMEN

El sector salud muestra que hay un aumento constante de pacientes que sufren amputaciones de extremidades por diversas causas. En su mayoría (81-82%) esta población está representada por personas con enfermedades vasculares (diabetes)¹. Una de las amputaciones que se realiza de manera frecuente en personas diabéticas, es la amputación de Chopart. Esta cirugía se realiza en pacientes que presentan ulceraciones o infecciones crónicas en los pies². En este tipo de amputaciones, la implementación de prótesis puede modificar el ciclo natural de la marcha y afectar sus parámetros espaciotemporales. Por lo que el objetivo del estudio fue analizar el efecto que genera una prótesis para amputación de Chopart sobre la cinemática de la rodilla en ambos miembros pélvicos. Un paciente del género femenino, 48 años de edad, con prótesis para amputación de Chopart en el pie izquierdo, se le realizó la caracterización de la cinemática de la marcha. Las mediciones se realizaron con el sistema de captura de movimiento optoelectrónico (VICON) y con la ayuda de una caminadora con cero grados de inclinación (Pro-Form 595PI). Se colocaron 16 marcadores reflejantes (10 mm de diámetro) sobre ambas extremidades inferiores. Una vez que se colocaron los marcadores, se le explicó a la paciente la dinámica de las pruebas a realizar. Se le proporcionaron 5 minutos de calentamiento sobre la caminadora para tener mejor control y familiarización con el equipo. La caminadora se configuro a una velocidad de 2 millas por hora (0.9 m/s). Posteriormente, se realizaron 10 grabaciones de un minuto cada una, a una frecuencia de muestreo de 100 Hz. La extremidad izquierda con la prótesis no emula claramente la fase de apoyo y la máxima flexión de la rodilla en la fase de oscilación es de 56 ± 1.8 grados. Por otro lado, la extremidad sana si reproduce claramente la fase de oscilación y su máxima flexión de rodilla es de 50 ± 1.5 grados. Es evidente de los resultados que la prótesis que utiliza la participante tiene áreas de mejora para trabajar más eficientemente durante la fase de apoyo. Los resultados obtenidos buscan contribuir en el diseño y desarrollo de nuevas prótesis con mejores características mecánicas que ayuden a emular la marcha humana lo más eficiente posible.

INTRODUCCIÓN

Una paciente de género femenino, edad 48 años, visita el laboratorio de biomecánica para solicitar el apoyo para el desarrollo de una nueva prótesis. La paciente presenta una amputación parcial del pie izquierdo y comenta que lleva tiempo usando diferentes diseños de prótesis a lo largo de su vida. Busca poder adquirir una prótesis que le permita ejecutar la marcha lo más naturalmente posible. El objetivo del estudio es poder determinar el efecto de la nueva prótesis sobre la cinemática de la marcha. Para lo cual se realizaron dos evaluaciones, la primera fue con la prótesis que normalmente estaba usando y después de obtener la nueva prótesis, se le realizaron las pruebas de la marcha con la nueva prótesis. La segunda evaluación se le realizó cuatro semanas posterior a la entrega de la nueva prótesis. Los resultados de la marcha con la nueva prótesis, muestran una evolución progresiva favorable. Es evidente de acuerdo a las gráficas que, la marcha tiende a ser más normal con la nueva prótesis.

Análisis morfofuncional de la prótesis

Una prótesis es una pieza o aparato artificial que se coloca en el cuerpo de un ser vivo para reemplazar de manera total o parcial un órgano o un miembro que se ha perdido. Esta prótesis buscará sustituir, emular o reproducir el funcionamiento natural de la extremidad o miembro perdido. La marcha humana es una actividad física beneficiosa, ya que se trabajan muchos músculos del cuerpo, sobre todo los de los miembros inferiores. Tiene ventajas sobre otras actividades ya que existen cargas de menor impacto en las articulaciones. Además, la marcha contribuye a disminuir los riesgos de adquirir enfermedades cardiovasculares, mejorar la salud física y consumir calorías. La marcha es una de las más comunes e importantes formas del movimiento humano, posibilitando el desplazamiento del centro de gravedad hacia adelante en posición erguida. La marcha es un modo de locomoción bípeda con actividad alternada de los miembros inferiores, tiene dos fases principales, la fase de apoyo y la de oscilación.

La figura a continuación describe la rotación o movimiento de la rodilla que esta debe seguir durante el ciclo de la marcha normal. Esta figura representa el punto de referencia o benchmark para el análisis de los resultados obtenidos durante los estudios del paciente.

- a) Vista lateral de la extremidad inferior derecha con los tres marcadores que conforman el triángulo en el plano sagital.
- b) Rango de movimiento de la rodilla antes y después de la intervención: Fases del ciclo de la marcha, (E1) choque de talón, (E2) Apoyo plantar, (E3) Apoyo medio, (E4) despegue del pie, (E5) Flexión máxima de rodilla y (E6) choque de talón.

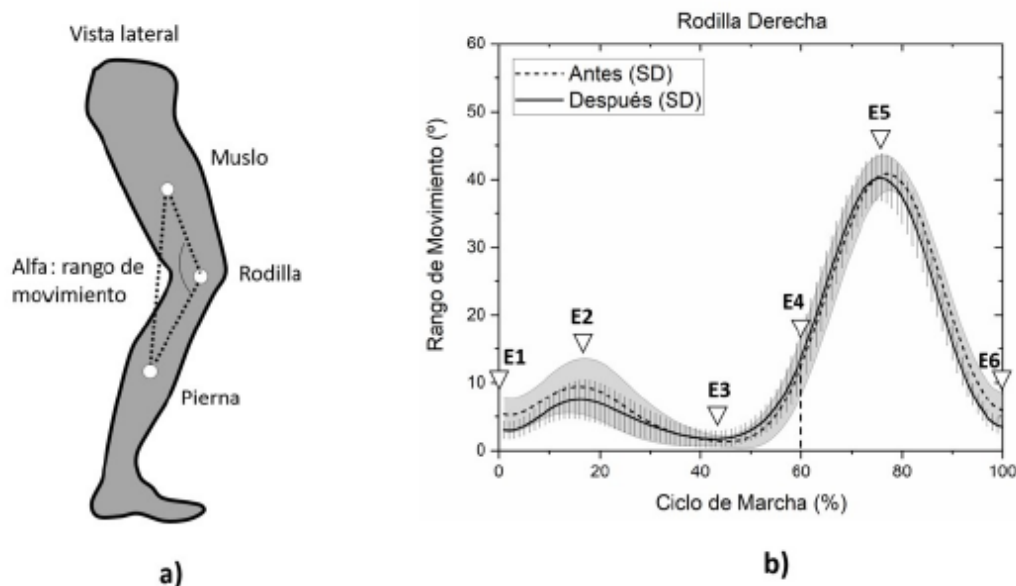


Figura 1. Rango de movimiento de la rodilla.

Marcadores Reflejantes (datos VICON)

El Sistema de Captura de Movimiento (VICON MX) es un conjunto de cámaras infrarrojas y marcadores reflejantes que capturan el movimiento en tiempo real. El sistema permite analizar la cinemática (movimiento) del cuerpo humano y detectar alteraciones que no son visibles a simple vista. La información o datos adquiridos por el sistema es la localización de los marcadores que se colocan sobre partes específicas de la estructura corporal, como se muestra en la Figura 2. El sistema proporciona la localización de los marcadores en un espacio 3D o sistema coordenado x, y,

z. Se implementaron 16 marcadores para describir la cinemática de los miembros o extremidades inferiores (miembros pélvicos).

Marcadores

- (1) LASI: Marcador cresta anterior ilíaca izquierda
- (2) RASI: Marcador cresta anterior ilíaca derecha
- (3) RPSI: Marcador cresta ilíaca posterior derecha
- (4) LPSI: Marcador cresta ilíaca posterior izquierda
- (5) RTHI: Marcador muslo derecho
- (6) RKNE: Marcador rodilla derecha
- (7) RTIB: Marcador pierna derecha
- (8) RANK: Marcador tobillo derecho
- (9) RTOE: Marcador primer metatarso derecho
- (10) RHEE: Marcador talón derecho
- (11) LTHI: Marcador muslo izquierdo
- (12) LKNEE: Marcador rodilla izquierda
- (13) LTIB: Marcador pierna izquierda
- (14) LANK: Marcador tobillo izquierdo
- (15) LTOE: Marcador primer metatarso izquierdo
- (16) LHEE: Marcador talón izquierdo



Figura 2. Colocación de los marcadores reflejantes sobre la paciente.

Reconstrucción de los marcadores VICON

Reconstrucción de los marcadores para la visualización de ambas extremidades inferiores. La Figura 3 muestra ambas extremidades, la de color verde representa la extremidad derecha y la de color rojo la extremidad izquierda.

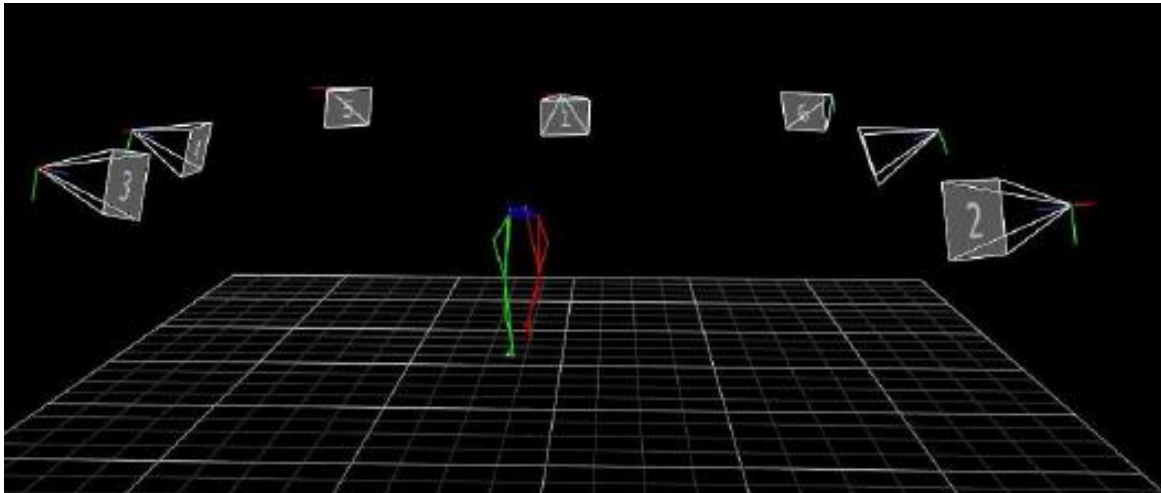


Figura 3. Reconstrucción de marcadores VICON.

Una vez que se colocaron los marcadores, se le explicó a la paciente la dinámica de las pruebas a realizar. Se le proporcionaron de 3 a 5 minutos de calentamiento sobre la caminadora para tener mejor control y familiarización con el equipo. La caminadora se configuro a una velocidad de 2 millas por hora (0.9 m/s) y sin ningún grado de inclinación. Se grabaron 10 pruebas de 1 minuto cada una.



Figura 4. Vista isométrico de la paciente durante la marcha, estudio inicial o previo.

RESULTADOS PRE-EVALUACIÓN (Prótesis inicial)

A partir de la Figura 5 y Figura 6, se puede apreciar que el rango de movimiento de ambas rodillas es diferente. La rodilla izquierda (prótesis inicial del pie) no ejecuta el ciclo de la marcha como debería de ser realizado, esto comparado con el ciclo de la marcha de la Figura 1.

El ciclo de marcha de la rodilla derecha si es muy similar al de la Figura 1. Recordemos que el ciclo de marcha de la Figura 1, es el ciclo de marcha de referencia, propio de un grupo de personas sin amputación.

Rango de movimiento de rodilla Izquierda (Prótesis inicial)

La rodilla izquierda adolece de esa primera pequeña curvatura que se presenta durante la fase de apoyo del pie (choque del talón y apoyo plantar). Esta curvatura o pequeña flexión de la rodilla debe ser muy importante debido a que las fuerzas que se transmiten del suelo a la estructura corporal tienden a modificarse o a pasar de manera asimétrica, lo que podría afectar otras partes del cuerpo. Este comportamiento en el ciclo de la marcha dificulta el análisis de las diferentes fases de la marcha (Fase de apoyo y oscilación de la extremidad).

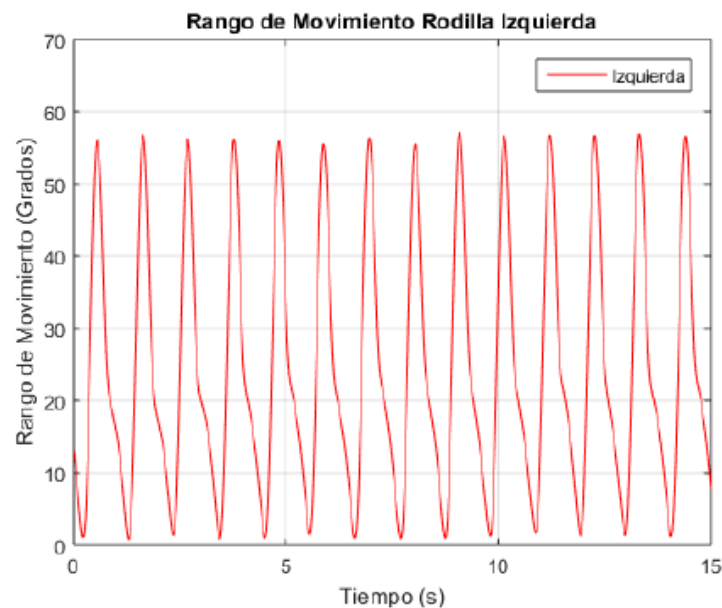


Figura 5. Rango de movimiento de la rodilla izquierda, prótesis inicial.

Rango de movimiento de rodilla Derecha

En la Figura 6 se puede apreciar el ciclo de marcha de la rodilla derecha (sin prótesis). En esta gráfica se puede apreciar la primera pequeña curvatura propia de la fase de apoyo y la curva más grande, propia de la fase de oscilación. La paciente presenta una flexión de rodilla de 50 grados aproximadamente.

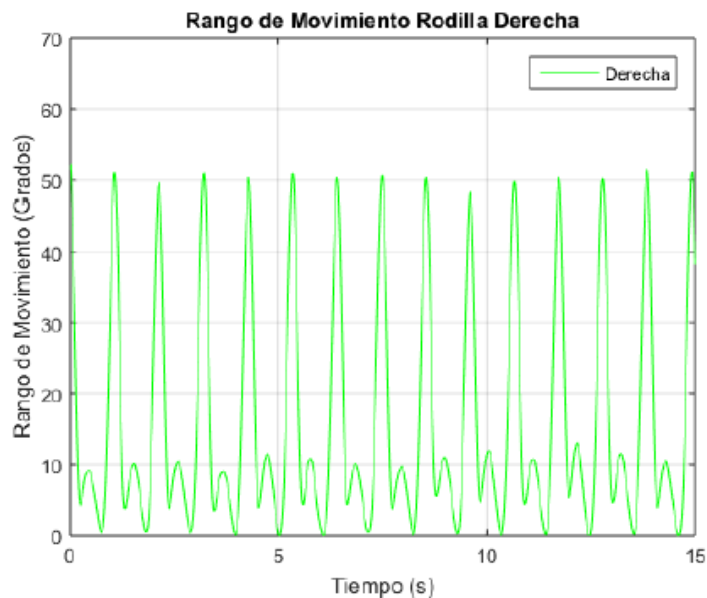


Figura 6. Rango de movimiento de la rodilla derecha, sin prótesis.

Rango de movimiento de ambas rodillas

La Figura 7 muestra los rangos de movimiento de ambas rodillas con la prótesis inicial del pie. A partir de esta figura es evidente que la rodilla izquierda tiende a flexionarse un poco más durante la fase de oscilación. Además, la extremidad izquierda (pie protésico) no muestra claramente la fase de apoyo.

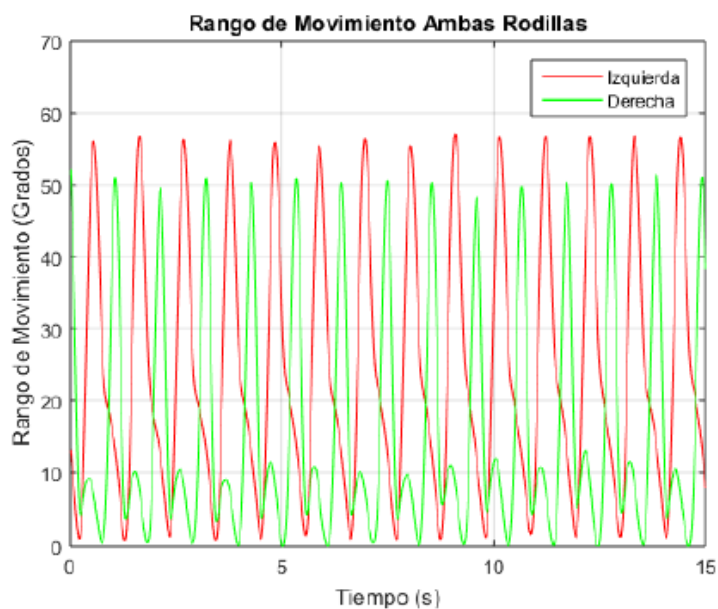


Figura 7. Rango de movimiento de ambas rodillas, prótesis inicial.

Rango de movimiento de ambas rodillas con acercamiento

La Figura 8 muestra un acercamiento de los ciclos del rango de movimiento de ambas rodillas, izquierda y derecha. Se puede apreciar más claramente las diferencias entre la extremidad que utiliza la prótesis (izquierda) y la que no. Lo ideal es que ambos rangos de movimiento o ambos ciclos sean lo más simétrico posibles, cosa que no sucede.

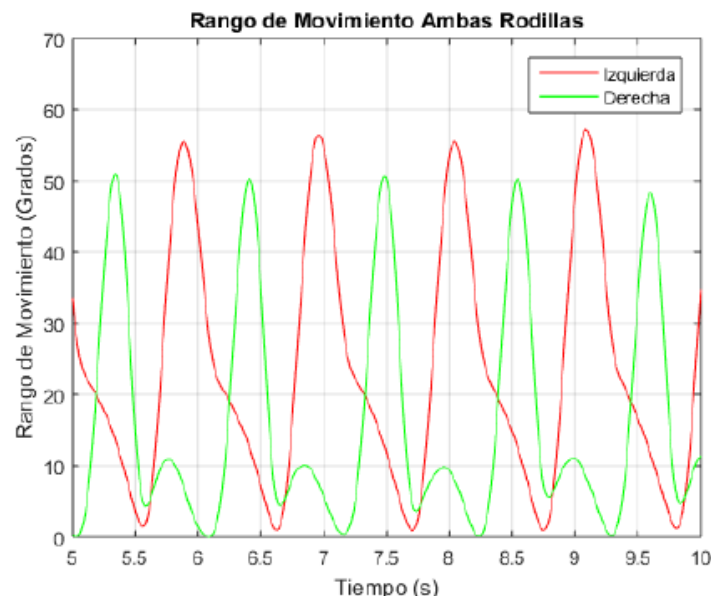


Figura 8. Rango de movimiento de ambas rodillas con un acercamiento mayor, prótesis inicial.

RESULTADOS POS-EVALUACIÓN (Prótesis nueva)

Cuatro semanas después de haber recibido la nueva prótesis, se cita a la paciente para volver a realizar las evaluaciones de la marcha. Se repitió el mismo procedimiento realizado anteriormente con la prótesis inicial. Además, se emplearon las mismas condiciones para la marcha en la caminadora, 2 millas por hora (0.9 m/s) y sin ningún grado de inclinación. La Figura 9 muestra la paciente realizando la marcha sobre la caminadora.



Figura 9. Vista isométrico de la paciente durante la marcha, estudio con la nueva prótesis.

Rango de movimiento de rodilla Izquierda (Prótesis nueva)

La Figura 10 y Figura 11 muestra el rango de movimiento de la rodilla izquierda y derecha respectivamente. La prótesis derecha sigue realizando un ciclo de la marcha muy parecido al de la prótesis inicial. Sin embargo, el ciclo de marcha de la rodilla izquierda muestra evidencia de acercarse a un ciclo más normal. Esa primera curvatura que se realiza durante la fase de apoyo, con el choque de talón, empieza a ser visible. Esto es de suma importancia debido a que ambos ciclos deberían ser lo más simétrico posibles. Con esto se puede apreciar una evaluación positiva de la prótesis nueva.

La Figura 12 presenta ambos ciclos de marcha de las dos rodillas, allí se puede apreciar que la rodilla izquierda (color rojo) también sigue rotando un poco más que la rodilla derecha (color verde). Finalmente, la Figura 13 muestra un acercamiento de ambos ciclos de marcha de las dos rodillas. A partir de esos datos es evidente que los dos ciclos tienden a ser más similares.

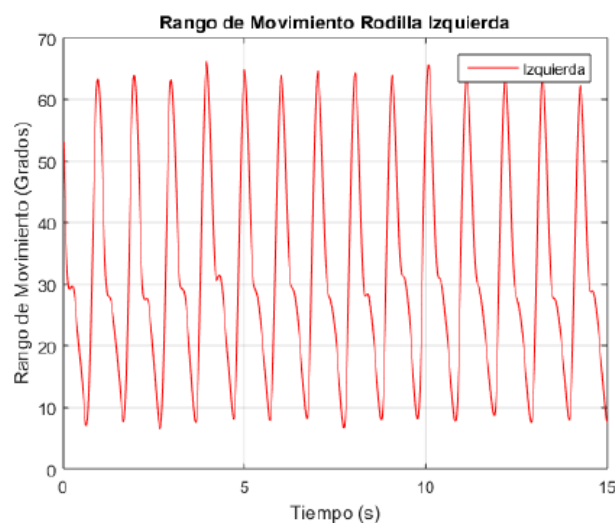


Figura 10. Rango de movimiento de la rodilla izquierda, prótesis nueva.

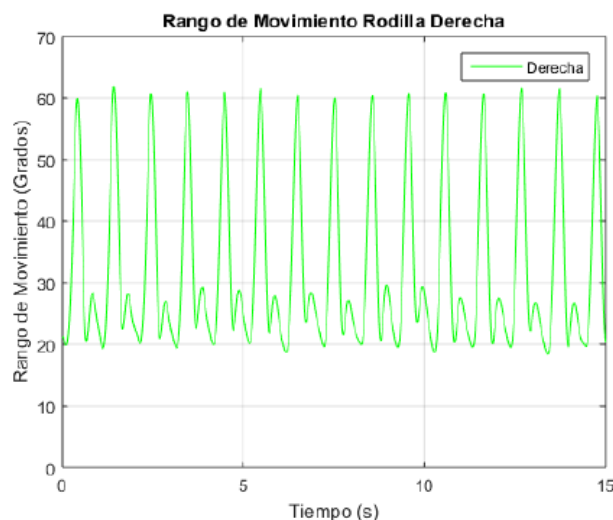


Figura 11. Rango de movimiento de la rodilla derecha, prótesis nueva.

Rango de movimiento de ambas rodillas

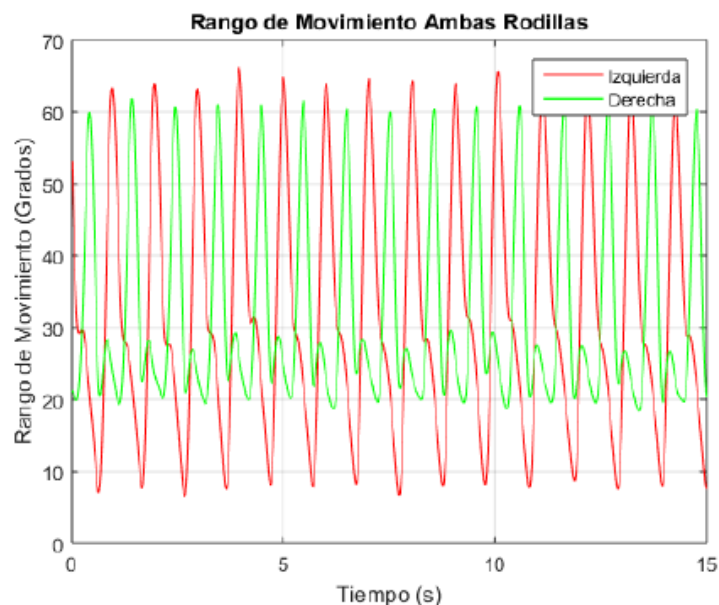


Figura 12. Rango de movimiento de ambas rodillas, prótesis nueva.

Rango de movimiento de ambas rodillas con acercamiento

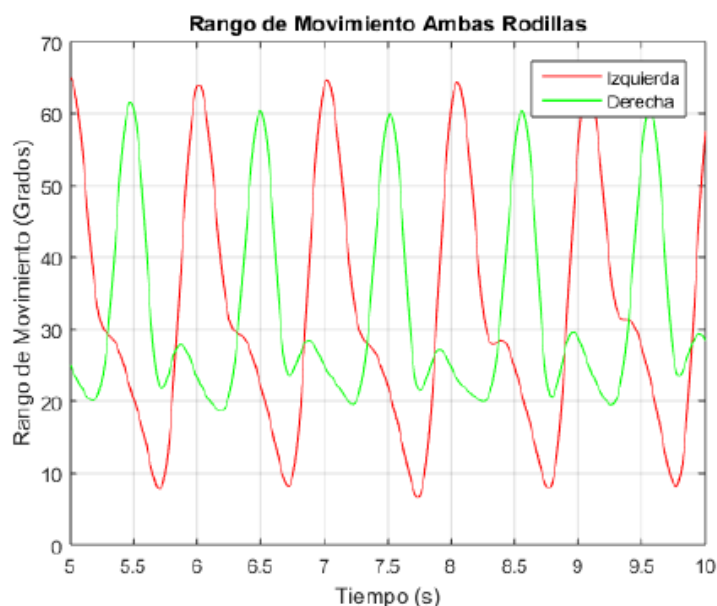


Figura 13. Rango de movimiento de ambas rodillas con un acercamiento mayor, prótesis nueva.

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE PRESIÓN PLANTAR

Se realizaron dos evaluaciones de la distribución de presión plantar de la paciente, la primera fue con la prótesis inicial y la segunda fue 4 semanas después de haber recibido la prótesis nueva. Las pruebas fueron realizadas en condiciones estáticas, la paciente permanece de pie, y en condiciones dinámicas, la paciente caminando. Las pruebas fueron realizadas descalza y sin prótesis.

Distribución de presión plantar en estático

La Figura 14 muestra los dos patrones de distribución de presión en condiciones estáticas, la paciente permanece de pie con las manos a los costados. En la imagen de la izquierda (prótesis inicial) se puede apreciar que hay un exceso de presión la extremidad izquierda, mientras que en la extremidad derecha se sobrecarga la parte del talón. Por otro lado, la imagen de la derecha, después de utilizar la nueva prótesis, se puede observar que también existe un exceso de presión en la extremidad izquierda, pero la extremidad derecha presenta una mejor distribución de presión. El exceso de presión en la extremidad izquierda está relacionado con la amputación de la parte anterior del pie. Esto genera una menos superficie de contacto y por lo tanto una mayor presión.

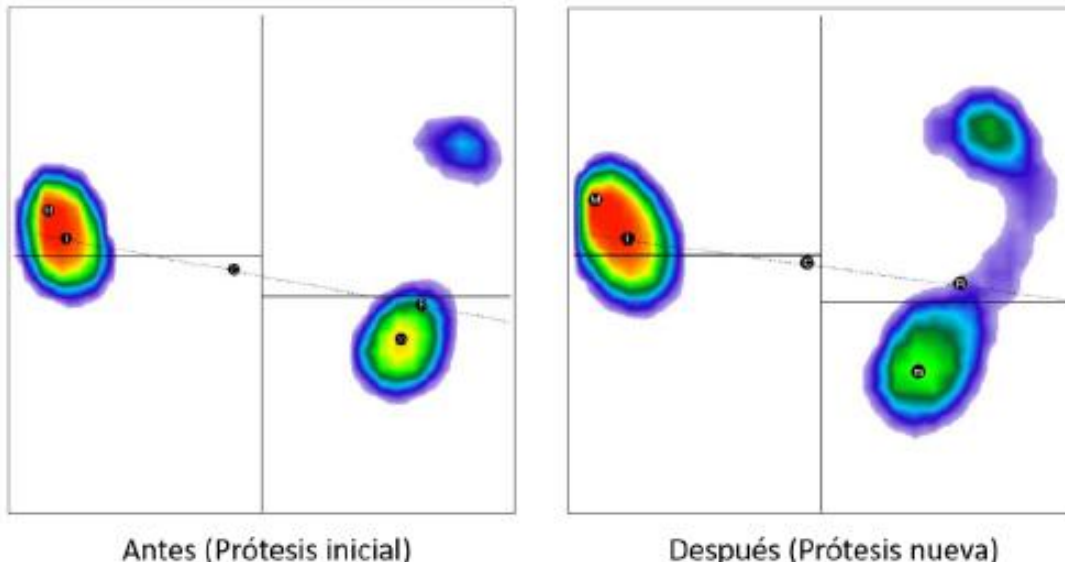


Figura 14. Distribución de presión plantar en condiciones estáticas, antes y después de utilizar la nueva prótesis.

Distribución de presión plantar en dinámico

La Figura 15 muestra los patrones de presión plantar en condiciones dinámicas, caminando a una velocidad normal para el paciente. En la imagen de la izquierda (prótesis inicial), se puede apreciar que existe un exceso de presión en la extremidad izquierda y en la parte anterior del pie derecho. Por otro lado, en la imagen derecha (prótesis nueva), el pie derecho ya no presenta ese exceso de presión en la parte anterior.

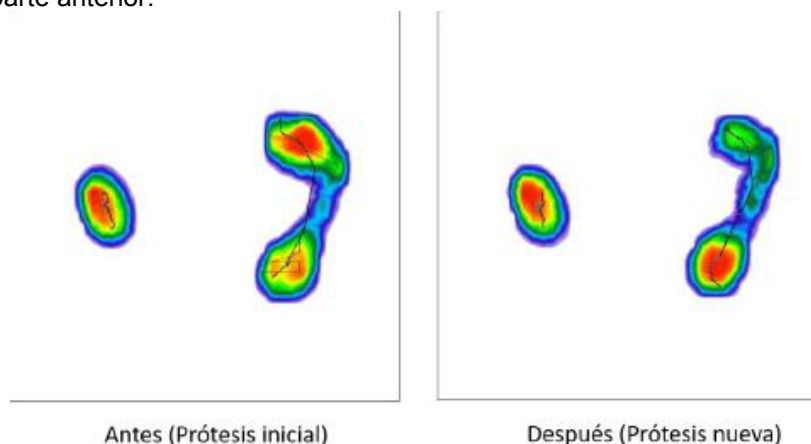


Figura 15. Distribución de presión plantar en condiciones dinámicas, antes y después de utilizar la nueva prótesis.

CONCLUSIONES

De los datos mostrados en las figuras anteriores, se puede apreciar cómo se ha modificado el ciclo de la marcha después de utilizar la nueva prótesis. La figura 16 muestra una comparativa entre el rango de movimiento de la rodilla derecha antes y después de utilizar la nueva prótesis, pre y pos respectivamente. De esta figura se puede apreciar una pequeña disminución en la rotación de la rodilla durante la fase de oscilación. Esto quiere decir que con la prótesis nueva el paciente tiende a rotar menos su rodilla. La parte positiva del estudio se muestra en la figura 17, el rango de movimiento de la rodilla con la prótesis nueva, se está corrigiendo o tiende a ser más similar a la de la derecha. Aunque el ciclo de la marcha se ejecuta de manera adecuada, se recomienda trabajar la coordinación en ambas extremidades para poder lograr la misma rotación en ambas rodillas. Además, se recomienda empezar a utilizar la prótesis de manera gradual para evitar cualquier tipo de lesión. Esto permitirá que la estructura corporal fortalezca el sistema músculo-esquelético y el paciente pueda tener una rehabilitación adecuada. No olvidar que, en esta primera etapa de uso de la nueva prótesis, se tiene que realizar la marcha de manera consciente.

El paciente presenta una buena evolución progresiva, por lo que se recomienda seguir practicando la marcha de manera consciente, hasta que el sistema propioceptivo sea capaz de ejecutar una marcha lo más simétrica posible.

En relación a la distribución de presión plantar, aunque no hay cambios significativos, se puede apreciar que existe una mejor distribución de presión entre ambas extremidades posterior a utilizar la nueva prótesis.

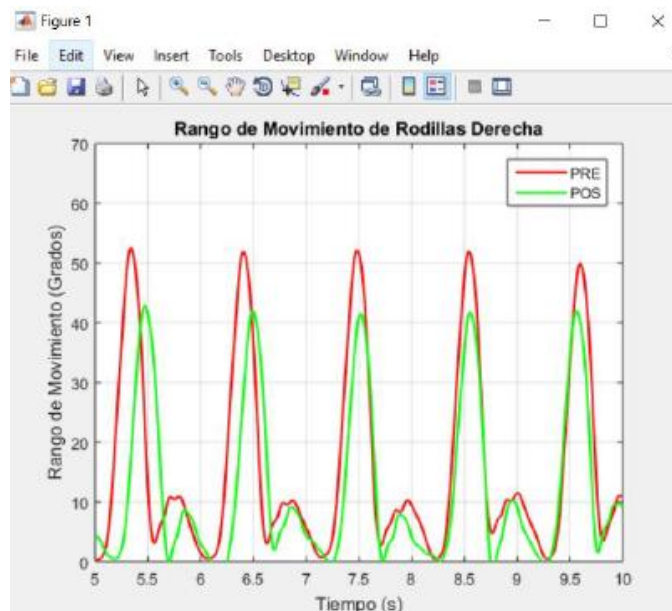


Figura 16. Rango de movimiento de la rodilla derecha, antes y después de la prótesis nueva.

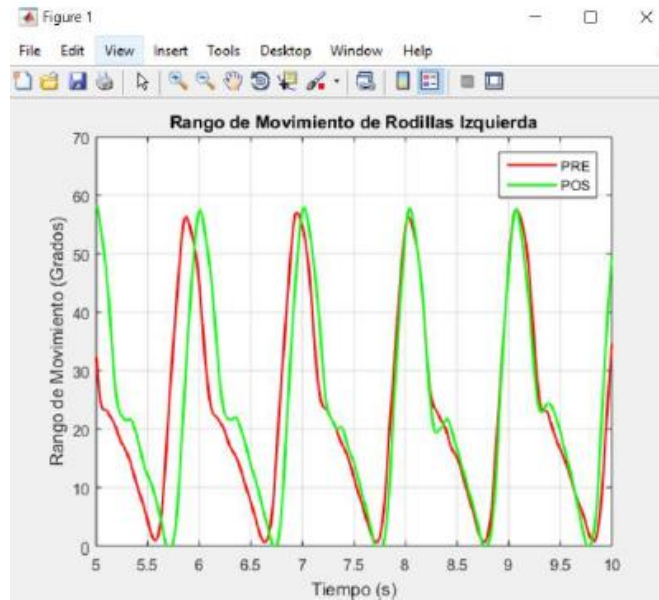


Figura 17. Rango de movimiento de la rodilla izquierda, antes y después de la prótesis nueva.

BIBLIOGRAFÍA

1. E. Vázquez Vela, Los amputados y su rehabilitación. Un reto para el estado. Academia Nacional de Medicina de México, 2016.
2. F. E. C. Cifuentes and B. T. A. Cáceres, "Design of prosthesis for transmetatarsal and Chopart amputation," *Ingeniare*, vol. 30, no. 1, pp. 180–196, 2022.

FRECUENCIA DEL CUMPLIMIENTO DE LA NOM-007-SSA3-2011 EN LABORATORIOS CLÍNICOS EN EL ESTADO DE GUERRERO

María Fernanda Ibañez Victoria¹, Juana Aparicio Tellez¹, Cesar Cruz Sandoval¹, Jesús Alberto García Pérez¹, Sofía Miranda Juárez¹, Abelardo Analco Hernández², Luz Elena Ramos Arellano¹.

¹Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero. ²Centro de innovación, competitividad y sostenibilidad, Universidad Autónoma de Guerrero.
14879@uagro.mx

RESUMEN

El laboratorio clínico tiene una participación importante en las decisiones clínicas, su misión está basada en la obtención de informes confiables para la prevención y seguimiento terapéutico de enfermedades y lograr la calidad en la atención al paciente. La NOM-007-SSA3-2011, tiene como objeto de estudio la organización y el correcto funcionamiento de los laboratorios clínicos, sus lineamientos son de observancia obligatoria a los profesionistas y técnicos asociados al área de la salud, encargados de la administración e intervención de dichos establecimientos, ya sea de carácter público, social o privado. El objetivo de este estudio es evaluar la frecuencia del cumplimiento de los requisitos de funcionamiento, organización y aseguramiento de la calidad, establecidos en la NOM-007-SSA3-2011, en laboratorios clínicos. Se aplicó una encuesta como instrumento de medición a los responsables de 40 laboratorios clínicos (11 públicos y 29 privados) de cuatro regiones del estado de Guerrero (Centro, Norte, Costa Chica y Acapulco), para la obtención de datos acerca de la frecuencia de cumplimiento con la NOM-007-SSA3-2011. El análisis estadístico se realizó en el paquete estadístico Stata v.16, comparando las frecuencias absolutas y relativas mediante la prueba exacta de Fisher y considerando un valor de $p < 0.05$ como estadísticamente significativo. Los laboratorios privados comparado con los públicos tienen un mayor cumplimiento en programas externos de la calidad (37.9% vs, 36.3%, $p = 0.009$), en la certificación vigente (10.3% vs 9.1%, $p = 0.014$), con el manual de procedimientos para el manejo de desechos peligrosos (100% vs 81.8%, $p = 0.018$), con el programa de desinfección y desinfestación del establecimiento, (93.1% vs 63.6%, $p = 0.020$) y formas de entrega de los resultados (51.8% vs 0.0, $p < 0.001$). Sin embargo, los laboratorios públicos comparado con los privados tienen un mayor cumplimiento con el área de microbiología (81.8% vs 34.5%, $p = 0.007$), campana de seguridad biológica 36.4% vs 3.5%, $p = 0.015$), equipos automatizados (81.8% vs 31.0%, $p = 0.029$) y sistema de código de barras para la identificación de la muestra (100% vs 44.8% $p = 0.001$). En conclusión, los laboratorios privados presentan una mayor frecuencia de cumplimiento en el aseguramiento de calidad, mientras que los laboratorios públicos tienen una mayor frecuencia de cumplimiento en el funcionamiento de las áreas, de acuerdo a la NOM-007-SSA3-2011.

INTRODUCCIÓN

El laboratorio clínico se define como una dependencia de carácter público, social y privado, legalmente establecido siendo de manera independiente o ligado a otras dependencias para la atención médica de pacientes hospitalarios o ambulatorios, que tengan como finalidad realizar análisis de mediciones físicas, químicas o biológicas en diversos componentes y productos del cuerpo humano, cuyos resultados ayuden en el estudio, prevención, diagnóstico, resolución y tratamiento a problemas de salud¹. La Nom-007-SSA3-2011, tiene como objeto de estudio la organización y el correcto funcionamiento de los laboratorios clínicos según, sus lineamientos son de observancia obligatoria a los profesionistas y técnicos asociados al área de la salud, encargados de la administración e intervención de dichos establecimientos, ya sea de carácter público, social o privado¹.

El laboratorio clínico tiene una participación importante en las decisiones clínicas e influyen por tanto en la seguridad del paciente. Su misión actual está basada en la obtención de informes para asegurar

el apoyo en la prevención y seguimiento terapéutico de enfermedades, teniendo así una información confiable y segura para precisar la calidad de atención al paciente².

El objetivo del presente trabajo fue Evaluar la frecuencia del cumplimiento de los requisitos de funcionamiento, organización y aseguramiento de la calidad, establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-007-SSA3-2011, en los laboratorios clínicos públicos y privados del estado de Guerrero.

TEORÍA

Los laboratorios clínicos deben brindar un servicio de calidad, teniendo el compromiso de entregar resultados dignos de confianza, todo esto mediante el requerimiento y utilización de herramientas que permitan minimizar significativamente los posibles errores que puedan generarse durante la obtención de resultados del paciente³.

El porcentaje de laboratorios acreditados en países latinos es muy bajo, no pudiendo demostrar la competencia técnica y el control de calidad nivel internacional, siendo Argentina el país latino que cuenta con más laboratorios acreditados (10.66%), seguido de Brasil (2.10%), estando México en tercer lugar con un 0.92%, sin embargo, hay países como Cuba, Paraguay, Perú, Bolivia y Honduras que no cuentan con ningún laboratorio acreditado⁴.

Los objetivos de calidad deben ser establecidos por la alta dirección de la organización, que tiene que ser coherente con la política de calidad y perseguir la mejora continua, dichos objetivos pueden fijarse a corto, mediano o largo plazo⁵. Con el fin de lograr estos objetivos, se necesita explícitamente la integración de programas que requieren de controles de calidad internos, acompañados de un sistema de control externo; todo esto regido mediante normas y estándares mundiales⁶.

El control interno de la calidad se ha definido históricamente como el conjunto de actividades realizadas por el personal del laboratorio con el fin de verificar de forma continua el trabajo y los resultados que se van obteniendo; en la actualidad se asocia a los procedimientos para monitorear la calidad de los resultados en las pruebas realizadas, detectando así los problemas y defectos antes de la entrega de resultados, asegurando de esta manera el cumplimiento de los requisitos clínicos establecidos en las normas⁷. El propósito del control interno es evaluar diariamente los procedimientos realizados en el laboratorio, lo que permite detectar desvíos y variabilidad del sistema analítico, para tomar acciones preventivas y apoyar en la mejora del desempeño⁸.

La evaluación externa de la calidad (EEC) es la determinación del desempeño de un laboratorio de ensayo, mediante comparaciones interlaboratorios y al mismo instante funciona como un impulso educativo para mejorar el desempeño de las unidades participantes y lograr la excelencia en los servicios⁹.

Un tipo de EEC son los denominados ensayos de aptitud (EA) o también conocidos como *Proficiency Testing* (TP), el cual es utilizado en los laboratorios para abordar numerosos métodos analíticos (Viteri *et al.*, 2023)¹⁰.

PARTE EXPERIMENTAL

Se visitaron laboratorios públicos y privados del estado de Guerrero y se agendó una cita con el responsable sanitario o director del laboratorio para explicarles sobre el trabajo de investigación. Posteriormente, se acudió a la cita programada con el responsable sanitario o director del laboratorio para explicares sobre la importancia y objetivos del trabajo. En caso de que hayan aceptado participar en el estudio, firmaron el consentimiento informado y se les aplicó la encuesta, que incluía preguntas sobre la organización y funcionamiento de los laboratorios clínicos, establecidos en la NOM-007-SSA3-201, para la obtención de los datos. Con los datos obtenidos, se elaboró una base de datos en el paquete estadístico STATA V. 14 para realizar el análisis estadístico.

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran las características generales de los laboratorios clínicos participantes en el estudio. Donde se observa que el 100% de los laboratorios públicos se ubican dentro de un hospital y el 100% de los laboratorios privados están establecidos de manera independiente ($p<0.001$). También se observa que la mayoría de los laboratorios públicos (72.7%) cuentan con más de 20 empleados, mientras que en los privados la mayoría (72.4%) cuenta con menos de 5 empleados ($p<0.001$). Así mismo, el 72.7% laboratorios públicos recibe más de 100 pacientes al día, mientras que el 68.9% de los privados recibe menos de 30 pacientes al día ($p<0.001$). En cuanto al tiempo de servicio, el 100% de los laboratorios públicos tienen más de 15 años de servicio, comparado con los laboratorios con un 34.5% ($p=0.004$).

Tabla 1. Características generales de los laboratorios clínicos participantes.

Características	Total n=40 (100%)	Públicos n=11 (27.5%)	Privados n=29 (72.5%)	Valor de p
Región, n (%)				
Centro	19 (47.5)	4 (36.4)	15 (51.7)	0.366
Norte	10 (25.0)	3 (27.3)	7 (24.1)	
Costa Chica	6 (15.0)	1 (9.0)	5 (17.2)	
Acapulco	5 (12.5)	3 (27.3)	2 (7.0)	
Tipo, n (%)				
Independiente	29 (72.5)	0 (0.0)	29 (100.0)	<0.001
Dentro de un hospital	11 (27.5)	11 (100.0)	0 (0.0)	
Número de empleados en su laboratorio, n (%)				
Menos de 5	21 (52.5)	0 (0.0)	21 (72.4)	<0.001
De 5 a 10	6 (15.0)	1 (9.1)	5 (17.2)	
De 6 a 15	3 (7.5)	2 (18.2)	1 (3.5)	
De 16 a 20	2 (5.0)	0 (0.0)	2 (6.9)	
Más de 20	8 (20.0)	8 (72.7)	0 (0.0)	
Pacientes que recibe al día, n (%)				
Menos de 30	20 (50.0)	0 (0.0)	20 (68.9)	<0.001
De 30 a 50	8 (20.0)	1 (9.1)	7 (24.1)	
De 51 a 80	1 (2.5)	0 (0.0)	1 (3.5)	
De 81 a 100	3 (7.5)	2 (18.2)	1 (3.5)	
Más de 100	8 (20.0)	8 (72.7)	0 (0.0)	
Tiempo de servicio, n (%)				
Menos de 5 años	8 (20.0)	0 (0.0)	8 (27.6)	0.004
De 5 a 10 años	8 (20.0)	0 (0.0)	8 (27.6)	
De 11 a 15 años	3 (7.5)	0 (0.0)	3 (10.3)	
Más de 15 años	21 (52.5)	11 (100.0)	10 (34.5)	

Los datos muestran n (%). *Valor de p por prueba exacta de Fisher.

Al analizar la frecuencia del cumplimiento del aseguramiento de la calidad en los laboratorios clínicos participantes, en la tabla 2 se observa que el Programa de Aseguramiento de la Calidad (PACAL), es el programa de control de calidad externo al que están inscritos la mayoría de los laboratorios públicos (36.3%), mientras que en los privados son otras auditoras externas (37.9%) ($p=0.009$). En cuanto a la certificación, se encontró que el 15.0% de los laboratorios se han certificado por la ISO 9001, sin embargo, solo 10.0% conserva su vigencia, siendo ligeramente mayor en los laboratorios privados (10.3%) que en los públicos (9.1%) ($p=0.014$). Respecto a la acreditación, solo el 7.5% de los laboratorios participantes están acreditados y conservan su vigencia, de los cuales todos son privados, sin embargo, estas diferencias no fueron significativas ($p=0.267$).

Tabla 2. Frecuencia del cumplimiento del aseguramiento de la calidad en los laboratorios participantes.

Variables	Total	Públicos	Privados	Valor de <i>p</i>
Controles, n (%)				
Fabricantes de reactivo	22 (55.0)	8 (72.7)	14 (48.3)	0.119
Fabricantes/Muestras de pacientes	5 (12.5)	2 (18.2)	3 (10.3)	
Fabricantes/Tercera opinión	13 (32.5)	1 (9.1)	12 (41.4)	
Inscritos a un PCCE				
Si	34 (85.0)	10 (90.9)	24 (82.8)	0.519
No	6 (15.0)	1 (9.1)	5 (17.2)	
Nombre del PCCE				
EMA	1 (2.5)	0 (0.0)	1 (3.5)	*0.009
PACAL	14 (35.0)	4 (36.3)	10 (34.5)	
Bluebelt	3 (7.5)	3 (27.3)	0 (0.0)	
Qualitat	2 (5.0)	2 (18.2)	0 (0.0)	
Eexcel	3 (7.5)	0 (0.0)	3 (10.3)	
Auditoras privadas	12 (30.0)	1 (9.1)	11 (37.9)	
No tienen un PCCE	5 (12.5)	1 (9.1)	4 (13.8)	0.304
Certificado con la ISO 9001				
Si	6 (15.0)	3 (27.3)	3 (10.3)	
No	32 (80.0)	8 (72.7)	24 (82.8)	
En proceso	2 (5.0)	0 (0.0)	2 (6.9)	*0.014
Certificación vigente				
Si	4 (10.0)	1 (9.1)	3 (10.3)	
No	3 (7.5)	3 (27.3)	0 (0.0)	
No han participado	33 (82.5)	7 (63.6)	26 (89.7)	0.267
Acreditado con la ISO 15189 vigente				
Si	3 (7.5)	0 (0.0)	3 (10.3)	
No	37 (92.5)	11 (100.0)	26 (89.7)	

PCCE: Programa de Control de Calidad Externo, PACAL: Programa de aseguramiento de la calidad, EMA: Entidad Mexicana de Acreditación. *Valor de *p* por prueba exacta de Fisher.

En la tabla 3, se muestra la frecuencia del cumplimiento de los requisitos de organización en los laboratorios clínicos participantes, donde se observa que el 100% de los laboratorios privados cuenta con el manual de procedimientos para el manejo de desechos peligrosos, comparado con los laboratorios públicos quienes tienen un porcentaje menor 81.8% ($p=0.018$). Así mismo, en el caso del programa de desinfección y desinfestación del establecimiento y la bitácora correspondiente, fueron los laboratorios privados los cuales presentaron una mayor frecuencia de cumplimiento (93.1%) comparado con los públicos (63.6%) ($p=0.020$).

Tabla 3. Frecuencia del cumplimiento de los requisitos de organización en los laboratorios participantes.

Requisitos	Total n=40	Públicos n=11	Privados n=29	Valor de <i>p</i>
Manual de Organización, n (%)				
Si	38 (95.0)	10 (90.9)	28 (96.5)	0.465
No	2 (5.0)	1 (9.1)	1 (3.5)	
Manual de procedimientos administrativos, n (%)				
Si	32 (80.0)	8 (72.7)	24 (82.8)	0.479
No	8 (20.0)	3 (27.3)	5 (17.2)	
Manual de métodos analíticos, n (%)				
Si	39 (97.5)	10 (90.9)	29 (100.0)	0.100
No	1 (2.5)	1 (9.1)	0 (0.0)	
Bitácora de mantenimiento y calibración de equipos, n (%)				
Si	39 (97.5)	11 (100.0)	28 (96.5)	0.533
No	1 (2.5)	0 (0.0)	1 (3.5)	

Manual para la toma, identificación, manejo, conservación y transporte de muestras, n (%)				
Si				
No	37 (92.5) 3 (7.5)	10 (90.9) 1 (9.1)	27 (93.1) 2 (6.9)	0.814
Manual de manejo de equipo en idioma español, n (%)				
Si	37 (92.5) 3 (7.5)	10 (90.9) 1 (9.1)	27 (93.1) 2 (6.9)	0.814
No				
Manual de seguridad e higiene ocupacional y en su caso, de seguridad radiológica, n (%)				
Si				
No	30 (75.0) 10 (25.0)	8 (72.7) 3 (27.3)	22 (75.9) 7 (24.1)	0.838
Manual de procedimientos para el manejo de desechos peligrosos, n (%)				
Si	38 (95.0) 2 (5.0)	9 (81.8) 2 (18.2)	29 (100.0) 0 (0.0)	*0.018
No				
Manual relativo a los desechos radioactivos, n (%)				
Si	12 (30.0) 28 (70.0)	2 (18.2) 9 (81.8)	10 (34.5) 19 (65.5)	0.315
No				
Programa de mantenimiento preventivo y calibración de instrumentos de medición y del equipo utilizado en el establecimiento, n (%)				
Si				
No	35 (87.5) 5 (12.5)	10 (90.9) 1 (9.1)	25 (86.2) 4 (13.8)	0.688
Programa de desinfección y desinfestación del establecimiento, así como la bitácora correspondiente, n (%)				
Si	34 (85.0) 6 (15.0) ()	7 (63.6) 4 36.4()	27 (93.1) 2 (6.9)	*0.020
No				

Los datos muestran n (%). Valor de p calculado por prueba de exacta de Fisher, los datos estadísticamente significativos son representados.

Al analizar la frecuencia del cumplimiento de los requisitos de funcionamiento en los laboratorios clínicos participantes, se observó que la mayoría de los laboratorios públicos cuentan con el área de microbiología (81.8%) comparado con los privados que cuentan con un porcentaje menor (34.5%) ($p=0.007$). Así mismo, los laboratorios públicos tienen una mayor frecuencia de cumplimiento de la campana de seguridad biológica en el área de microbiología (36.4%) en comparación con los privados (3.5%) ($p=0.015$). En cuanto a los equipos analizadores, la mayoría de los laboratorios públicos cuenta con equipos automatizados (81.8%) comparado con los privados (31.0%) ($p=0.029$). Respecto al Sistema de código de barras para la identificación de la muestra del paciente, el 100% de los laboratorios públicos cuenta con este sistema, comparado con los privados con un 44.8% ($p=0.001$). Sin embargo, en cuanto a la forma de entrega de resultados la mayoría de los laboratorios privados (51.8%) cuenta con tres formas de entrega (impreso, WhatsApp y correo electrónico), mientras que el 100% de los laboratorios públicos solo tiene la forma impresa de entrega ($p<0.001$) (Tabla 4).

Tabla 4. Frecuencia del cumplimiento de los requisitos de funcionamiento en los laboratorios participantes.

Requisitos	Total n=40	Públicos n=11	Privados n=29	Valor de p
Área de registro y sala de espera, n (%)				
Si	39 (97.5)	10 (90.9)	29 (100.0)	0.100
No	1 (2.5)	1 (9.1)	0 (0.0)	
Área de toma sanguínea, n (%)				
Si		11 (100.0)	29 (100.0)	-----

No	40 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
Área de toma de muestra ginecológica, n (%)				
Si	30 (75.0)	8 (72.7)	22 (75.9)	0.838
No	10 (25.0)	3 (27.3)	7 (24.1)	
Área de hematología, coagulación, serología, inmunología y Química Clínica, n (%)				
Si	40 (100.0)	11 (100.0)	29 (100.0)	-----
No		0 (0.0)	0 (0.0)	
Área de Microbiología, n (%)				
Si	19 (47.5)	9 (81.8)	10 (34.5)	*0.007
No	21 (52.5)	2 (18.2)	19 (65.5)	
Área de Parasitología, n (%)				
Si	31 (77.5)	7 (63.6)	24 (82.8)	0.196
No	9 (22.5)	4 (36.4)	5 (17.2)	
Área de lavado y esterilización, n (%)				
Si	36 (90.0)	10 (90.9)	26 (89.7)	0.906
No	4 (10.0)	1 (9.1)	3 (10.3)	
Almacén de materiales y reactivos, n (%)				
Si	36 (90.0)	11 (100.0)	25 (86.2)	0.194
No	4 (10.0)	0 (0.0)	4 (13.8)	
Almacén temporal de los R.P.B.I, n (%)				
Si	35 (87.5)	8 (72.7)	27 (93.1)	0.082
No	5 (12.5)	3 (27.3)	2 (6.9)	
Superficie libre por trabajador de dos metros cuadrados, n (%)				
Si	36 (90.0)	9 (81.8)	27 (93.1)	0.288
No	4 (10.0)	2 (18.2)	2 (6.9)	
Campana de bioseguridad en el área de microbiología, n (%)				
Si	5 (12.5)	4 (36.4)	1 (3.5)	*0.015
No	35 (87.5)	7 (63.6)	28 (96.5)	
Equipos o analizadores, n (%)				
Semiautomatizados	7 (17.5)	1 (9.1)	6 (20.7)	
Automatizados	18 (45.0)	9 (81.8)	9 (31.0)	*0.029
Semiautomatizados y automatizados	14 (35.0)	1 (9.1)	13 (44.8)	
Manuales y semiautomatizados	1 (2.5)	0 (0.0)	1 (3.5)	
Sistema de código de barras para la identificación de la muestra del paciente, n (%)				
Si	24 (60.0)	11 (100.0)	13 (44.8)	*0.001
No	16 (40.0)	0 (0.0)	16 (55.2)	
Entrega de resultados, n (%)				
Impreso	14 (35.0)	11 (100.0)	3 (10.3)	
Impreso, WhatsApp	11 (27.5)	0 (0.0)	11 (37.9)	*<0.001
Impreso, WhatsApp y correo electrónico	15 (37.5)	0 (0.0)	15 (51.8)	

Los datos muestran n (%). Valor de *p* calculado por prueba de exacta de Fisher, los datos estadísticamente significativos son representados.

CONCLUSIONES

Los laboratorios privados presentan una mayor frecuencia de cumplimiento en el aseguramiento externo de la calidad como la participación en programas de evaluación externa, certificación y acreditación, comparado con los laboratorios públicos participantes.

Los laboratorios públicos presentan una mayor frecuencia de cumplimiento en el funcionamiento de las áreas, como el área de microbiología y campana de bioseguridad, equipos automatizados y el sistema de código de barras para la identificación de la muestra del paciente, comparado con los laboratorios privados participantes.

BIBLIOGRAFÍA

1. NOM-007-SSA3-2011: Norma Oficial Mexicana, Para la organización y funcionamiento de los laboratorios clínicos. <https://catalogonacional.gob.mx/FichaRegulacion?regulacionId=70318>.
2. Hernández, A. S. M., De la Fuente Alonso, P., Adrados, J. A. G., Valentin, R. L., Lurueña, M. L., & Bouza, J. M. E. (2018). Minimización de errores preanalíticos y su repercusión en el control del laboratorio clínico. *Revista del Laboratorio Clínico*, 11(1), 51-58. <https://doi.org/10.1016/j.labcli.2017.02.001>.
3. Bourne, T. M. E., Castro, C. R. M., Ramírez, T. A. E., & Véliz, R. A. M. (2021). El aseguramiento de la calidad en las PYMES ecuatorianas. *Revista Publicando*, 8(31), 71-81. <https://doi.org/10.51528/rp.vol8.id2235>.
4. Del Carmen Pasquel, M. (2018). Accreditation in Latin America with ISO 15189 for clinical laboratories. *Clinical Laboratory Journal*, 11(1), 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.labcli.2017.09.001>.
5. Cely, M., & Yesenia, A. (2015). La gestión documental en las pymes del sector salud laboratorios clínicos ubicados en la localidad 18 Rafael Uribe Uribe. <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/17985>.
6. Plebani M. (2018). Clinical laboratory: bigger is not always better. *Diagnosis (Berlin, Germany)*, 5(2), 41–46. <https://doi.org/10.1515/dx-2018-0019>.
7. Rosero Ordoñez, A. K., Pincay Francis, A., & Solorzano Holguín, L. S. (2023). Impacto de la acreditación y la certificación de los laboratorios clínicos y el aseguramiento de la calidad. *Revista Científica Higía De La Salud*, 8(1). <https://doi.org/10.37117/higia.v8i1.804>.
8. Díaz Padilla, Dianelys, & Santoyo Pérez, Mabelyn. (2019). El Laboratorio Clínico en la mejoría continua de la calidad. *Revista de Ciencias Médicas*, 23(3), 357-359. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S156131942019000300357&lng=es&tlng=es.
9. Prada, E., Blazquez, R., Gutiérrez-Bassini, G., Morancho, J., Jou, J. M., Ramón, F., Ricós, C., & Salas, Á. (2016). Control interno de la calidad vs control externo de la calidad. *Revista del Laboratorio Clínico*, 9(2), 54-59. <https://doi.org/10.1016/j.labcli.2016.04.003>.
10. Viteri, C., Ramos, M., & Galarraga, E. (2023). Indicadores de control de calidad en laboratorios clínicos del Cantón Ambato, Ecuador, 2021. *Revista G/COS*, 8(1), 40-49. <https://doi.org/10.53766/gicos/2023.08.01.03>.

DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE PRÓTESIS PARA PERSONAS CARENTES DE EXTREMIDAD SUPERIOR DERECHA MEDIANTE UN DESARROLLADOR CAD

María José Espinosa Hinojosa¹, Joel Hinojosa Dávalos², Eduardo Zaragoza Ramos³

¹Universidad de Guadalajara, Cruz Verde Delgadillo Araujo, ²Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Ciénega. ³Universidad de Guadalajara, Sistema de Educación Media Superior. Eduardo.zramos@academicos.udg.mx

RESUMEN

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, en el mundo hay, aproximadamente, 1,300 millones de personas que presentan alguna discapacidad permanente. De esta cantidad, que representa el 16 % de la población mundial, 3 millones padecen una amputación en algún miembro superior (Segura, 2024). Además, se estima que, en México, 780,000 personas han sufrido amputaciones. No obstante, se encontró que solo el 10 % de ellas, cuentan con prótesis, lo que representa 75,000 individuos (INEGI, 2015). Para remediar esta problemática, es necesario desarrollar tecnologías que provean de prótesis para estas personas, que les facilite su reincorporación a una vida productiva y digna. En este estudio se desarrolló, mediante software CAD, un prototipo de prótesis para personas carentes de la extremidad superior derecha. Durante el diseño fue aplicada la metodología de Diseño Centrado en el Usuario y Design Thinking, cuya metodología contempla seis etapas que consisten en plantear, definir, desarrollar, construir, evaluar y decidir. También se consideró la metodología de Rojas-Lazo (2006), que implica la identificación del problema, generar ideas preliminares, refinar el diseño, análisis y optimización, tomar decisiones y documentar los resultados. La propuesta desarrollada considera estructuras modulares para hombro-tórax, brazo y antebrazo, además de una articulación de muñeca y una articulación segmentada y móvil en el hombro. Se incluye un mecanismo de ajuste telescópico y una pinza de sujeción con herramientas intercambiables. Por otro lado, considerando el menor tiempo de impresión (9 horas y 23 minutos) y el menor consumo de material (19.93 metros de filamento y un peso de 97.99 gramos), se determinó que el mejor software de configuración para la impresión 3D es OrcaSlicer 2.1.1, además de poseer una interfaz más intuitiva que los demás disponibles. El uso de software CAD permite simular dispositivos personalizados de manera eficiente, productiva y precisa. La previsualización realista permite su análisis y optimización antes de la fabricación, asegurando su funcionalidad una vez impresa. Estas características permiten una mejor accesibilidad y desarrollo de prótesis funcionales para personas con amputaciones.

INTRODUCCIÓN

Las personas con discapacidades en las extremidades superiores suelen enfrentar dificultades al realizar tareas cotidianas (Cordella *et al* 2016). El nivel de dificultad aumenta con la gravedad de la amputación (Segura, 2024). Existen varios casos de desuso y abandono de dispositivos debido a problemas de funcionalidad, confiabilidad, apariencia, comodidad y usabilidad. Algunas prótesis tienen un control motor deficiente, mientras que otras no son lo suficientemente duraderas. En muchos casos, los usuarios no están satisfechos con la apariencia (Dudkiewichz *et al* 2004).

Una prótesis es un dispositivo médico artificial útil que reemplaza una parte del cuerpo faltante. Ofrece a las personas amputadas una nueva oportunidad de realizar la función que habría desempeñado la parte faltante. Por lo tanto, las personas amputadas consideran que las prótesis son esenciales para normalizar las actividades de su vida y lograr una vida de calidad. Para cumplir con esta expectativa, las prótesis deben ser adecuadas para el soporte de las personas amputadas (Brack *et al* 2021).

El diseño de prótesis ha evolucionado en las últimas décadas debido a la incorporación de nuevas tecnologías que permiten crear dispositivos más accesibles, personalizados y funcionales. Las personas con alguna amputación enfrentan desafíos como limitaciones en su movilidad y barreras económicas y sociales que dificultan su incorporación a la vida cotidiana y laboral.

Actualmente, la accesibilidad a prótesis de alta tecnología es un reto considerable, cuyas cifras en México datan que sólo el 10 % de las personas amputadas pueden adquirir estas herramientas. Esta información resalta la necesidad de generar innovaciones que amplíen su disponibilidad y reduzcan sus costos. El uso de Software CAD (Diseño Asistido por Computadora) facilita el diseño y simulaciones de prototipos de prótesis que optimizan la estructura y funcionalidad del dispositivo antes de su fabricación física. Aunado a ello, la impresión 3D permite materializar estos diseños con elementos ligeros y resistentes, lo que reduce tiempos de producción y costos al ser menores que las tecnologías convencionales.

Este trabajo propone una prótesis de extremidad superior derecha empleando el Design Thinking y herramientas digitales avanzadas, como SolidWorks y OrcaSlicer 2.1.1. Mediante estas incorporaciones, se pretende generar un dispositivo funcional, ergonómico y asequible, para contribuir a mejorar la calidad de vida de personas con amputaciones y que les permita reincorporarse a su vida cotidiana y, sobre todo, a la vida laboral.

TEORÍA

La prótesis de miembro superior (ULP) es un dispositivo especial que brinda soporte a personas amputadas con pérdida de una o varias manos (Brack et al 2021). Las prótesis de miembro superior se pueden clasificar como activas o pasivas según su función. Una prótesis activa reemplaza la función mecánica del músculo aplicando transmisión de fuerza (Capsi-Morales et al 2023). Por el contrario, una prótesis pasiva se ajusta a un movimiento específico cuando se aplica una fuerza externa (Kim et al 2023). Las prótesis pasivas se utilizan típicamente para abordar necesidades estéticas o para compensar el equilibrio postural con el peso de la prótesis. Los mecanismos internos para transmitir movimiento y fuerza son altamente complejos en ambas categorías. (Roda-Sales et al 2024). Esto se debe a que estas prótesis requieren actuadores que no comprometan el peso de la prótesis y que al mismo tiempo sean compactos, ligeros y estéticamente agradables. Esto permite que la prótesis se asemeje a la mano humana en tamaño y peso. Sin embargo, lograr este propósito solo es posible a veces debido a la incompatibilidad entre ciertos niveles de amputación y el tipo de prótesis deseado. Para que el dispositivo sea exitoso, su diseño debe cumplir con las expectativas y las operaciones deben abordar las necesidades de los usuarios (Brack et al 2021).

Para optimizar el diseño protésico, los ingenieros biomédicos y los especialistas en rehabilitación deben considerar los siguientes aspectos críticos: el sistema de anclaje debe garantizar una interfaz estable entre la prótesis y el cuerpo, priorizando tanto la seguridad mecánica como el confort del usuario, dado su contacto directo con la superficie cutánea. Asimismo, es esencial que el dispositivo se adapte ergonómicamente a la morfología del muñón, ya sea a nivel braquial, escapular o torácico, según el nivel de amputación. Un análisis exhaustivo de los distintos segmentos anatómicos susceptibles de amputación, junto con la evaluación del impacto funcional y psicosocial de la prótesis en el usuario, resulta fundamental para alcanzar los objetivos de diseño (Kejlää G. 1993; Biddiss, E., & Chau, T 2007; Biddiss, E., & Chau, T 2007). Así mismo, las características de personalización son cruciales en la adaptación final de una prótesis de miembro superior (Xu et al 2023). El ajuste protésico y la funcionalidad deseada se definen en última instancia por factores como la naturaleza del accidente (Van Lunteren et al 1983), la condición del muñón después de la cirugía, el uso que se le da al muñón, la edad, constitución y tamaño del usuario (Amsuess et al 2015).

El diseño de prótesis para reemplazar extremidades en personas amputadas es un campo en que se combina la tecnología avanzada con aspectos sociales, como la accesibilidad, la aceptación cultural, la estética y el impacto psicológico en el usuario. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas, aproximadamente tres millones de personas a nivel global, presentan amputaciones de miembros superiores (OMS, s.f.), mientras que, en países como México, sólo el 10 % de personas con esta característica cuentan con prótesis (INEGI, 2015). Este dato destaca la necesidad de proponer soluciones accesibles y personalizadas. En ese sentido, el uso de Software CAD permite desarrollar prototipos precisos y eficientes, que posiblemente, mejorarán la calidad de vida de los usuarios, en caso de desarrollarlos de manera física (Kübler et al., 2018).

Al diseñar prótesis se deben considerar varios factores, como las variantes anatómicas entre géneros, extremidad amputada, altura de la amputación, características y calidad del muñón. (Lopesino, 2024). Asimismo, se debe valorar el poder adquisitivo de los usuarios, ya que como se ha mencionado, solo una pequeña proporción de las personas amputadas pueden acceder a una de estas herramientas. En este sentido, la tecnología CAD es una herramienta que se ha utilizado para diseñar prototipos de prótesis, que permite la simulación de dispositivos adaptados a las necesidades individuales, de manera precisa y eficiente, lo que reduce costos y tiempos de producción (Kübler et al., 2018). Además, la impresión 3D posibilita la creación de estructuras complejas con materiales ligeros y resistentes (Gibson et al., 2010).

PARTE EXPERIMENTAL

La metodología de este trabajo consistió en dos partes:

- A) Diseño Centrado en el Usuario con enfoque *Design Thinking*, y Metodología de Rojas-Loza (2006), que priorizó la generación de empatía con el usuario para analizar sus necesidades específicas y, con base a ello, generar propuestas individualizadas para ajustar ergonomía y funcionalidad.

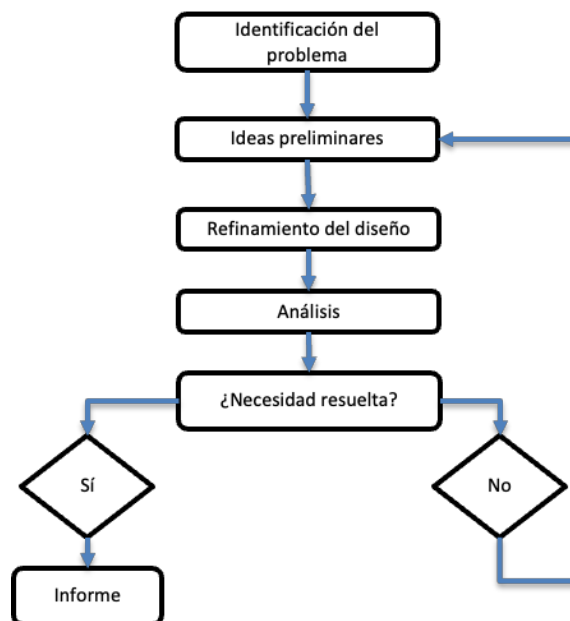


Figura 1. Diagrama general de metodología

1.- Se realizó una entrevista con los interesados e individuos carentes de entremedial superior derecha atendiendo a la necesidad de realizar actividades laborales que implicaban herramientas de alto impacto como lo son: desarmadores, martillos, taladros, palas, picos, sierras, tijeras para podar, carretillas, marros, entre otros.

2.- Posteriormente, se priorizaron los puntos que debía cumplir dicho dispositivo como lo son: seguridad, comodidad, resistencia y funcionalidad.

3.- Seguimiento de la revisión y condiciones en las que el individuo contaba físicamente para el diseño y adaptación del prototipo a sus necesidades.

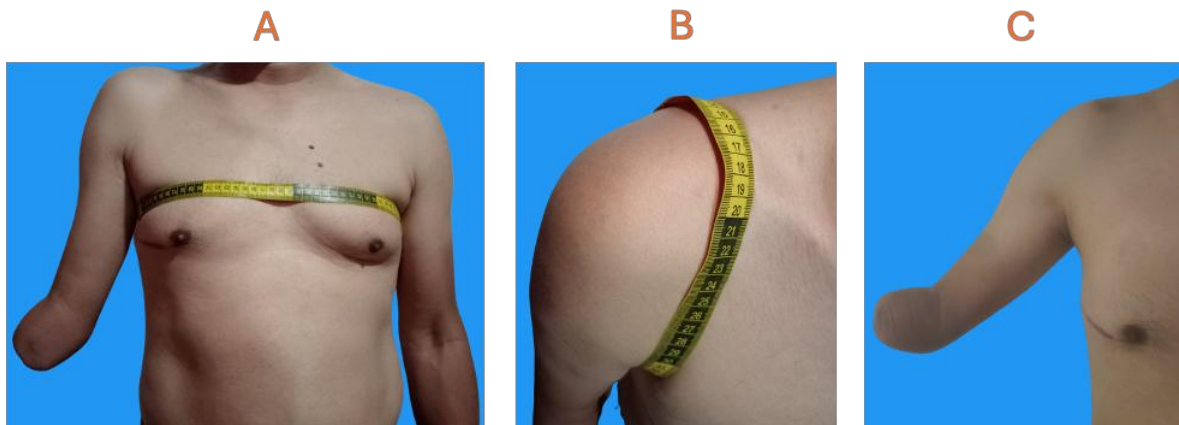


Figura 2. A) medición de pecho, B) medición de hombro, C) vista frontal de brazo amputado al que se le adaptará la prótesis

4.- Dada las características y tamaño de muñón, se procedió a estructurar el prototipo a desarrollar partiendo de una estructura de sujeción torácica como principal soporte, seguido de un segmento articular de hombro, con movilidad en dos ejes; plano sagital (flexión y extensión del hombro) y plano frontal (abducción y aducción del hombro), soporte secundario para brazo y la articulación del codo con movimiento en eje sagital que permite la flexo-extensión del mismo y finalmente la el antebrazo con soporte adaptado para el muñón con dispositivo de sujeción de herramientas de alto impacto.

5.- Asimismo, se empleó CAD 3D para diseñar una prótesis con los diferentes sistemas de movilidad y agarre de herramientas de alto impacto. Se diseñaron diferentes prototipos de sujeción de herramientas como lo muestra la figura 3.

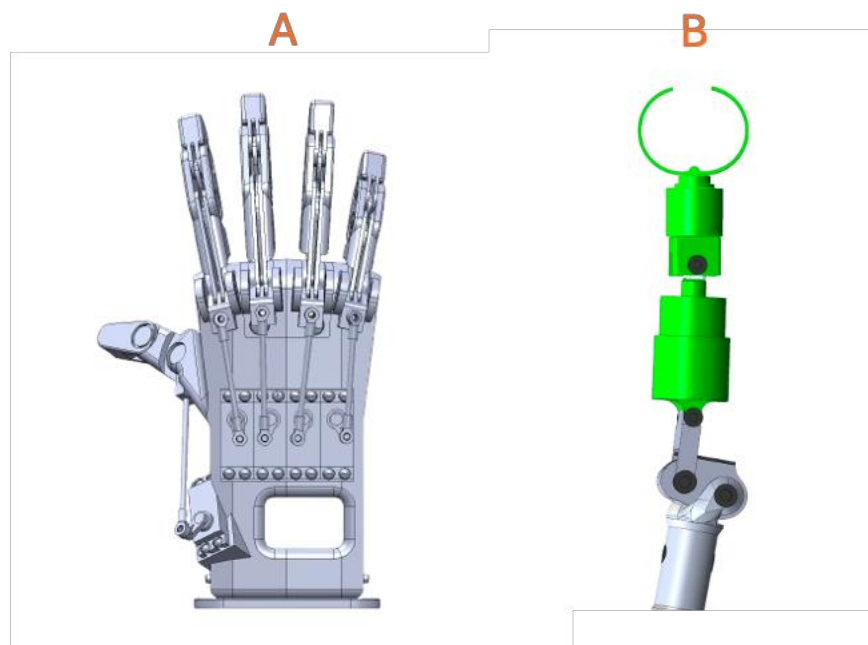


Figura 3. Diseños de prototipos de sujeción de herramientas: A) Prototipo de sujeción de 5 puntos de apoyo tipo mano, B) prototipo de sujeción tipo pinza un solo punto de apoyo.

6.- Al presentar los diseños de herramienta de sujeción de objetos de alto impacto a las personas carentes de extremidad superior derecha, prefirieron el segundo diseño por mayor practicidad, sin

embargo, se tuvo que rediseñar la pieza del mecanismo de ajuste telescópico y pinza de sujeción por una posible inestabilidad y desconfianza por parte del usuario.

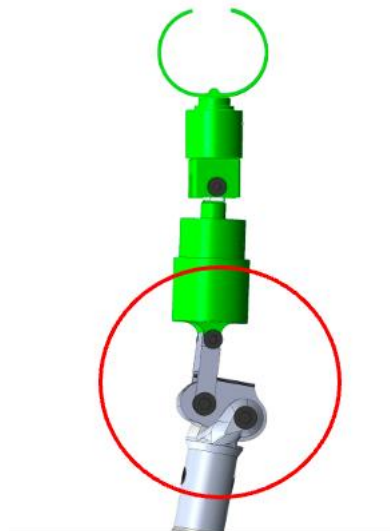


Figura 4. área de mejora continua respecto al diseño de prototipo pieza del mecanismo de ajuste telescópico y pinza de sujeción.

6.- Finalmente se procedió al desarrollo completo del prototipo desde la parte superior del tórax hasta el sistema de sujeción. entre los que destacaron: Articulación móvil en hombro, mecanismo telescópico ajustable, pinza intercambiable con agarre.

- B) Condiciones óptimas de prototipado en los programas Prusaslicer 2.4.1 y Orcaslicer 2.1.1

Para realizar el prototipado en impresora 3D, se utilizaron los programas Prusaslicer 2.4.1 y Orcaslicer 2.1.1, dando prioridad a la eficiencia de reducción de costos y tiempos de impresión, utilizando PLA como filamento por su equilibrio entre resistencia (45 MPa) y biodegradabilidad y una boquilla de 0.4 mm

RESULTADOS

Se logró diseñar un prototipo de prótesis de sujeción de herramientas de alto impacto para personas carentes de extremidad superior derecha con adaptaciones personalizadas para el usuario mediante un software CAD, basándose principalmente en los principales puntos que debía cumplir dicho dispositivo como lo son: seguridad, comodidad, resistencia y funcionabilidad. También se desarrollaron diferentes estructuras: 1) armazón de sujeción torácica como principal soporte y anclaje anatómico 2), articulación de hombro en dos ejes, plano frontal y sagital, 3) soporte secundario para brazo, 4) articulación de codo con eje sagital, 5) antebrazo con soporte para muñón con dispositivo de sujeción de herramientas de alto impacto. Proporcionando un diseño ergonómico y confortable que se adapta a diversas actividades laborales. Como lo muestra la Figura 3.

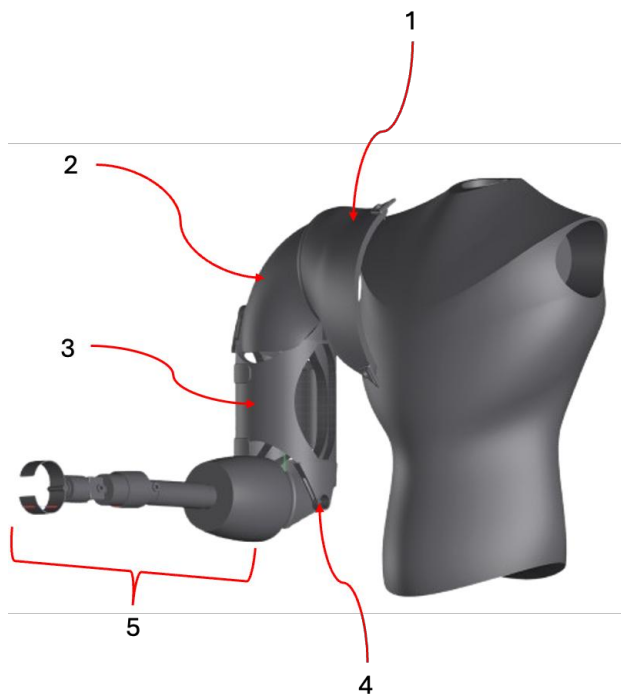


Figura 5. Prótesis para personas carentes de extremidad superior derecha: 1) armazón de sujeción torácica, 2) articulación de hombro, 3) soporte secundario para brazo, 4) articulación de codo, 5) antebrazo con soporte para muñón.

Además, se determinó que el mejor software de configuración para la impresión 3D es OrcaSlicer 2.1.1 al tener una reducción en tiempo de impresión de 19% (2 h y 15 min), y una diferencia de peso final de 70% (224.32 g), y una reducción de filamento en metros de 51% (20.74 m) como se muestra en la Tabla 1 con las mismas condiciones de operación entre los dos Slicers.

Tabal 1. Configuración de Slicers para impresión 3D

Condiciones de impresión		Prusaslicer 2.4.1	Orcaslicer 2.1.1
Filamento		PLA	PLA
Boquilla mm		0.40	0.40
Tamaño	X	235.84	235.84
	Y	190.74	190.74
	Z	89.65	89.65
Volumen mm ³		100447.40	125386
Filamento en gramos		322.31	97.99
Filamento en metros		40.67	19.93
Tiempo estimado de impresión		11h 38 min	9h 23 min

CONCLUSIONES

Esta prótesis representa una solución innovadora para personas con amputaciones de extremidad superior derecha que pretenden desempeñarse en actividades laborales que requieren el uso de herramientas de alto impacto. Su diseño modular y funcional permite su adaptación a diversas necesidades, facilitando así la integración de los usuarios en el campo laboral y mejorando su calidad

de vida. El uso de software CAD permite simular dispositivos personalizados de manera eficiente, productiva y precisa. La previsualización realista permite su análisis y optimización antes de la fabricación, asegurando su funcionalidad una vez impresa. Estas características permiten una mejor accesibilidad y desarrollo de prótesis eficientes para personas con amputaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Amsuess, S., Vujaklija, I., Goebel, P., Roche, A. D., Graimann, B., Aszmann, O. C., & Farina, D. (2015). Context-dependent upper limb prosthesis control for natural and robust use. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 24(7), 744-753.
2. Biddiss, E., & Chau, T. (2007). Upper-limb prosthetics: Critical factors in device abandonment. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 86(12), 977-987.
3. Biddiss, E. A., & Chau, T. T. (2007). Upper limb prosthesis use and abandonment: A survey of the last 25 years. *Prosthetics and Orthotics International*, 31(3), 236-257.
4. Brack, R., & Amalu, E. H. (2021). A review of technology, materials and R&D challenges of upper limb prosthesis for improved user suitability. *Journal of Orthopaedics*, 23, 88-96. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2020.12.009>
5. Capsi-Morales, P., Piazza, C., Sjöberg, L., Catalano, M. G., Grioli, G., Bicchi, A., & Hermansson, L. M. (2023). Functional assessment of current upper limb prostheses: An integrated clinical and technological perspective. *PLOS ONE*, 18(8), e0289978.
6. Cordella, F., Ciancio, A. L., Sacchetti, R., Davalli, A., Cutti, A. G., Guglielmelli, E., & Zollo, L. (2016). Literature review on needs of upper limb prosthesis users. *Frontiers in Neuroscience*, 10, 209.
7. Dudkiewicz, I., Gabrielov, R., Seiv-Ner, I., Zelig, G., & Heim, M. (2004). Evaluation of prosthetic usage in upper limb amputees. *Disability and Rehabilitation*, 26(1), 60-63.
8. Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2010). *Additive manufacturing technologies: Rapid prototyping to direct digital manufacturing*. Springer.
9. INEGI. (2015). *Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica 2014*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
10. Kejlää, G. H. (1993). Consumer concerns and the functional value of prostheses to upper limb amputees. *Prosthetics and Orthotics International*, 17(3), 157-163.
11. Kim, G. M., Powell, J. E., Lacey, S. A., Butkus, J. A., & Smith, D. G. (2023). Current and emerging prostheses for partial hand amputation: A narrative review. *PM&R*, 15(3), 392-401.
12. Kübler, A., et al. (2018). Design and development of a prosthetic hand using CAD and 3D printing. *Journal of Prosthetics and Orthotics*, 30(2), 53-59.
13. Lopesino, D. (2024). *Análisis y mejora del diseño de una mano protésica*. Universidad Politécnica de Madrid.
14. OMS. (s.f.). *Disability and Health*. Organización Mundial de la Salud.
15. Roda-Sales, A., & Llop-Harillo, I. (2024). Identifying user needs for the design and manufacturing of 3D-printed upper limb prostheses: A survey-based study. *Applied Sciences*, 14(9), 3708. <https://doi.org/10.3390/app14093708>
16. Rojas Lazo, O., & Rojas Rojas, L. (2006). Diseño asistido por computador. *Industrial Data*, 9(1), 7-15.
17. Segura, D., Romero, E., Abarca, V. E., & Elias, D. A. (2024). Upper limb prostheses according to amputation level: A systematic review. *Prosthesis*, 6(2), 277-300. <https://doi.org/10.3390/prosthesis6020022>
18. Van Lunteren, A., van Lunteren-Gerritsen, G. H. M., Stassen, H. G., & Zuithoff, M. J. (1983). A field evaluation of arm prostheses for unilateral amputees. *Prosthetics and Orthotics International*, 7(3), 141-151.
19. Xu, K., & Qin, S. (2023). An interdisciplinary approach and advanced techniques for enhanced 3D-printed upper limb prosthetic socket design: A literature review. *Actuators*, 12(6), 223.

CONTRASTE DE CITOCOMPATIBILIDAD ENTRE PROTOTIPOS DE CEMENTO MEXICANO Y CEMENTOS ODONTOLÓGICOS COMERCIALES

Aldo Lopez Dimas¹, Karina Lizbeth Huerta Maldonado¹, Rubén Abraham Domínguez Pérez², Ana Edith Higareda Mendoza¹

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ²Universidad Autónoma de Querétaro.
higareda@umich.mx

RESUMEN

La caries dental es una de las patologías bucales más prevalentes en México, afectando a gran parte de la población infantil y adulta. Su progresión sin tratamiento oportuno puede derivar en pulpitis, una inflamación de la pulpa dental que puede ser reversible o irreversible. En los casos más severos, La pulpitis irreversible requiere el tratamiento de conductos o la extracción del diente comprometido, lo que impacta la función masticatoria y calidad de vida del paciente (1). Para el tratamiento de conductos, el material de elección es el agregado de trióxido mineral (MTA), reconocido en odontología por su biocompatibilidad, capacidad de sellado y propiedades regenerativas. Sin embargo, su alto costo representa una barrera para su implementación en el sistema de salud pública (2). Por ello, el desarrollo de alternativas accesibles y efectivas es crucial para ampliar la cobertura de tratamientos odontológicos y mejorar la atención a pacientes con enfermedades pulpares, garantizando materiales de calidad sin comprometer la seguridad ni la eficacia del procedimiento (3). Por ello, este estudio buscó evaluar in vitro la citocompatibilidad de prototipos MX- MTA y compararla con la presentada por cementos comerciales internacionales. Se evaluaron cinco prototipos de cemento MX-MTA, utilizando IRM y MTA-Angelus como referencia. Se determinó viabilidad y citotoxicidad en la línea celular L929 mediante ensayos MTT y Azul de Alamar. La presencia de componentes citotóxicos se evaluó mediante los ensayos de difusión en agar y en filtro en las líneas celulares L929 y mesenquimales. La capacidad de proliferación se comprobó con ensayos de formación de colonias en la línea celular MDA-MB-23. El ensayo MTT reveló que todos los materiales presentan una viabilidad celular superior al 95%, lo que indica ausencia de citotoxicidad. Se corroboró por el ensayo Azul de Alamar: los prototipos C1, C4 y C5 destacaron por su alta citocompatibilidad. Por otro lado, ninguno de los materiales evaluados presentó halo de decoloración, lisis o daño celular, por lo que se descarta la presencia de componentes citotóxicos. Asimismo, el ensayo de formación de colonias mostró que C5 obtuvo el mejor rendimiento en comparación con los demás materiales. Por lo anterior, se concluye que los prototipos de MX-MTA no presentan indicios de citotoxicidad en distintas líneas celulares, de acuerdo con los valores de LD95. Asimismo, se infiere el estímulo de la proliferación celular en C4 y C5; se recomienda evaluar in vivo estos prototipos.

INTRODUCCIÓN

El sistema de salud pública en México, al igual que en numerosos países, prioriza la prevención de enfermedades bucales como la caries dental. En casos de pulpitis irreversible, el tratamiento de elección suele ser la terapia endodóntica o tratamiento de conductos. No obstante, este procedimiento no siempre está disponible en el sector público debido a su complejidad técnica y los elevados costos que implica.

Aunque la extracción alivia el dolor y la infección, no representa la mejor opción terapéutica para la pulpitis irreversible, ya que conlleva consecuencias funcionales y estéticas importantes. La pérdida de una pieza dental puede afectar la masticación, el habla, la nutrición y, en general, la calidad de vida del paciente.

En los tratamientos de pulpa vital se utilizan diversos materiales, entre los cuales destaca el agregado de trióxido mineral (MTA, por sus siglas en inglés), reconocido por su capacidad de sellado y desempeño clínico. Es fundamental que estos materiales sean biocompatibles, es decir, que

cumplan su función terapéutica sin generar efectos adversos, y que promuevan una respuesta favorable del tejido dental.

TEORÍA

El agregado de trióxido mineral (MTA) está compuesto principalmente por silicatos de calcio, aluminato tricálcico y óxido de bismuto como agente radiopacador. Al mezclarse con agua, se hidrata y forma un gel que posteriormente cristaliza, generando una barrera con alta resistencia a la microfiltración (4).

Dado que su composición incluye aproximadamente un 75% de cemento Portland, se han desarrollado formulaciones basadas en este componente con el objetivo de replicar y mejorar las propiedades del MTA, optimizando aspectos como su manipulación clínica, tiempo de fraguado, radiopacidad y estabilidad cromática. Aunque el MTA y el cemento Portland comparten componentes principales, presentan diferencias en ciertos elementos menores y en propiedades físicas como el fraguado, la porosidad y la liberación de iones de calcio (5).

Una variante destacada en el ámbito clínico es el Angelus MTA (AMT), desarrollado en Brasil, compuesto por un 80% de cemento Portland y 20% de óxido de bismuto. Comparte similitudes con el ProRoot MTA, aunque presenta diferencias en su contenido de óxidos metálicos. Ambos materiales, sin embargo, muestran propiedades físicas y químicas comparables (5,6).

PARTE EXPERIMENTAL

Cultivo Celular

Las líneas celulares se mantuvieron en una fase exponencial de proliferación en una atmósfera a 37°C con 6% de CO₂, realizando pases de mantenimiento cada tercer día mediante tripsinización celular.

Preparación del material

Se obtuvieron los eluidos de todos los materiales evaluados a una concentración de 2.5 mg/mL partiendo del peso seco de la pastilla generada.

Determinación de viabilidad celular mediante los ensayos MTT y Azul de Alamar.

Se procede con la siembra de una suspensión celular en una placa de 96 pocillos, incluyendo controles y blancos, y se deja incubar bajo las condiciones recomendadas por el proveedor. Posteriormente, se observa la confluencia y morfología celular mediante microscopía. A continuación, se retira el medio de cultivo y se añade el eluido del material a evaluar, manteniendo las condiciones de incubación especificadas. Tras el tiempo establecido, se registra nuevamente el estado morfológico de las células y se realiza el ensayo de proliferación celular utilizando el reactivo correspondiente, siguiendo las indicaciones del kit. Finalmente, se añade la solución de solubilización y se deja incubar según las instrucciones del fabricante para posteriormente realizar la lectura de absorbancia de acuerdo con la normativa aplicable.

Determinación de presencia de componentes citotóxicos mediante los ensayos de difusión en agar y filtro.

Siguiendo la norma ISO 7405, se sembró una suspensión celular en una placa Petri de 30 mm, incubándose durante 24 horas en condiciones de cultivo. Posteriormente, se retiró el medio y se sustituyó por una mezcla de medio de cultivo al 2X con agarosa al 1.6% dejándolo solidificar a temperatura ambiente. Una vez gelificado, se añadió el colorante "neutral red" y se incubó en condiciones de cultivo permitiendo la difusión del colorante al fondo de la placa. Tras retirar el exceso de colorante, las muestras se colocaron sobre el agar y se incubó por 24 horas adicionales. Finalmente, se realizó un análisis de lisis celular y se midió el diámetro del halo de decoloración para su evaluación, conforme a los parámetros establecidos en la norma ISO 7405 (7).

Por otro lado, se sembró una suspensión celular en un filtro de acetato de celulosa colocado en una placa Petri de 100 mm, incubándose durante 24 horas en condiciones de cultivo. Una vez transcurrido el tiempo, se preparó la mezcla de medio de cultivo con agarosa descrita previamente, y se solidificó a temperatura ambiente. Posteriormente se colocó el filtro sobre el gel, asegurando que el lado con las células entre en contacto con el agar. En la parte superior del filtro se añadió la muestra de los materiales evaluados y se incubó por 24 horas. Al finalizar, el filtro se retiró e incubó en una solución de diacetato de fluoresceína. Finalmente, se analizó bajo luz ultravioleta para evaluar el área de decoloración, utilizando la escala de daño celular y el análisis de resultados establecidos en la norma ISO 7405 (7).

Determinación de proliferación celular mediante el ensayo de formación de colonias.

Se siembra una suspensión celular en placas multipocillo, permitiendo la adhesión celular en las condiciones de cultivo. Posteriormente, se sustituye el medio de cultivo por el eluido de los materiales evaluados, manteniendo la incubación durante un periodo de 10 días. Al finalizar, se retira el medio. Se procede con protocolo de tinción utilizando la solución recomendada por la ISO 10993-5. y así mismo se realizó el conteo de colonias, siguiendo los lineamientos establecidos previamente en la ISO (8).

RESULTADOS

Determinación de viabilidad celular mediante los ensayos MTT y Azul de Alamar.

Todos los materiales se mantuvieron por encima de la Dosis Letal (LD por sus siglas en inglés) por encima de la LD95, lo que se traduce como que el 95% de la población expuesta a cada material mantuvo una viabilidad del 95%, como se observa en la figura 1.

	Porcentaje de viabilidad	
	MTT 48 h	Azul de Alamar 48 h
Control	130.510048	101.9727169
H2O2	34.9249425	19.0977175
AMTA	136.149001	99.18892263
IRM	104.063531	111.4101279
C1	123.457072	108.7498151
C2	117.406767	118.7513412
C3	121.251768	110.5024837
C4	134.34505	110.8568248
C5	139.785468	110.443828

Figura 1. Viabilidad celular de la línea L929.

Determinación de presencia de componentes citotóxicos mediante los ensayos de difusión en agar y filtro.

Ningún material evaluado, a excepción el control positivo a citotoxicidad, presentaron un halo de decoloración, que acorde a los parámetros establecidos en la ISO 7405 se dictamina que no hay presencia de componentes citotóxicos, como se observa en la figura 2.

Material	Índice de decoloración		Índice de lisis		Respuesta celular	Escala		Dictamen
	L929	CM	L929	CM		L929	CM	
Control (Medio)	0	0	0	0	0	0	0	No citotóxico
H202	5	5	5	5	4 a 5	5	5	Citotóxico
AMTA	0	0	0	0	0	0	0	No citotóxico
IRM	0	0	0	0	0	0	0	No citotóxico
C1	0	0	0	0	0	0	0	No citotóxico
C2	0	0	0	0	0	0	0	No citotóxico
C3	0	0	0	0	0	0	0	No citotóxico
C4	0	0	0	0	0	0	0	No citotóxico
C5	0	0	0	0	0	0	0	No citotóxico

Figura 2. Dictamen de lisis celular.

Para la prueba de difusión en filtro se corroboró lo obtenido anteriormente, ningún material evaluado, a excepción el control positivo a citotoxicidad, tuvieron presencia de daño celular, que acorde a los parámetros establecidos en la ISO 7405 se dictamina que no hay presencia de componentes citotóxicos, como se observa en la figura 3.

Material	Daño celular		Dictamen
	L929	CM	
Control (Medio)	0	0	No citotóxico
H202	3	3	Citotóxico
AMTA	0	0	No citotóxico
IRM	0	0	No citotóxico
C1	0	0	No citotóxico
C2	0	0	No citotóxico
C3	0	0	No citotóxico
C4	0	0	No citotóxico
C5	0	0	No citotóxico

Figura 3. Dictamen de daño celular.

Determinación de proliferación celular mediante el ensayo de formación de colonias.

En la figura 4 se muestra el nivel de proliferación obtenido en las líneas celulares L929 y MDA tras la exposición a los materiales evaluados. En las cuales se muestra el nivel de proliferación considerando como medio, aquellos materiales que mostraron un desempeño igual al control, como bajo los que obtuvieron un desempeño inferior al control y como nivel alto aquellos que se posicionaron por encima del control, dentro de los cuales destacaron los prototipos C4 y C5. Los cuales obtuvieron el mejor desempeño entre los materiales evaluados.

Material	Nivel de proliferación	
	L929	MDA
Control (células sin exposición)	Medio	Medio
AMTA	Medio	Medio
IRM	Bajo	Bajo
C1	Medio	Medio
C2	Medio	Medio
C3	Medio	Medio
C4	Alto	Alto
C5		

Figura 4. Nivel de proliferación celular en las líneas celulares L929 y MDA-MB-231.

CONCLUSIONES

Los prototipos de MX-MTA no presentan indicios de citotoxicidad en distintas líneas celulares (fibroblastos L299, células mesenquimales CM y células de cáncer mamario MDA-MB231), de acuerdo con los valores de LD95. Asimismo, se infiere el estímulo de la proliferación celular en C4 y C5; se recomienda evaluar in vivo estos prototipos.

BIBLIOGRAFÍA

1. N. J. Kassebaum, "Global burden of untreated caries: a systematic review and metaregression", J. Dent. Res., Vol. 94, No. 5, 2015, pp. 650-658.
2. F. Iaculli, "Vital Pulp Therapy of Permanent Teeth with Reversible or Irreversible Pulpitis: An Overview of the Literature", J. Clin. Med., Vol. 11, No. 14, 2022, Art. 4016.
3. L. M. Lin, "Vital pulp therapy of mature permanent teeth with irreversible pulpitis from the perspective of pulp biology", Aust. Endod. J., Vol. 46, No. 1, 2020, pp. 154-166.
4. M. Miñana Gómez, "El Agregado de Trióxido Mineral (MTA) en Endodoncia", RCOE, Vol. 7, No. 3, 2002, pp. 283-289.
5. M. Parirokh, M. Torabinejad, "Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review- Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action", Journal of Endodontics, Vol. 36, 2010b, pp. 400-412.
6. S. Asgary, "Autogenous transplantation of mandibular third molar to replace vertical root fractured tooth", Iranian Endodontic Journal, Vol. 4, 2009, pp. 117-121.
7. American National Standard. Evaluation of biocompatible of medical devices used in industry. ISO 7405:2008. No. 41. American Dental Association Standar.
8. International Standard. (2009). Biological Evaluation of medical devices Part 5: Test for in vitro cytotoxicity. (ISO10993-5)

IMPACTO DE LA FUNCIÓN GASTROINTESTINAL Y LA ACTIVIDAD FÍSICA SOBRE EL CONTROL GLUCÉMICO EN PACIENTES CON DIABETES Y ENFERMEDAD PERIODONTAL DEL CENTRO DE SALUD ZONA ORIENTE DE COLIMA, MÉXICO: ESTUDIO PILOTO

Sugey Chávez-Herrera¹, Enrique González-Medina², Yolitzzy Cárdenas³, Jaime Alberto Bricio-Barrios⁴.

Facultad de Medicina de la Universidad de Colima¹, Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas² e IMSS Bienestar³.
schavez4@ucol.mx

La función gastrointestinal depende de diversos factores como el estilo de vida (dieta y actividad física), biología, medio ambiente, el sistema de salud al que pertenece el individuo y el ecosistema intestinal (1). La dieta y el ejercicio físico estructurado han demostrado un papel crucial en el mantenimiento del bioma intestinal; específicamente, las dietas altas en fibra y el consumo de alimentos fermentados permiten la correcta resiliencia de la microbiota y un estado de homeostasis (2). En la Diabetes mellitus tipo 2 (DM2) niveles altos de glucosa producen un estado de disbiosis intestinal promoviendo un mayor estado de hiperglucemia. El objetivo de este estudio fue comparar la función gastrointestinal y de actividad física de acuerdo con el control glucémico de pacientes con DM2 y enfermedad periodontal.

En este estudio transversal, la cual incluyó a 18 personas adultas que cumplieron con los criterios de selección. Previa obtención del consentimiento informado se procedió a capturar los siguientes datos: [1] la escala de función gastrointestinal de Chaidez et al; 2020; [2] mediciones antropométricas (peso, talla, perímetro de cintura y cadera, ICC); [3] registros dietéticos (recordatorio de 24 horas y frecuencia de consumo de alimentos); [4] la presencia de actividad física y [5] la medición de hemoglobina glucosilada. Este proyecto cuenta con la aprobación del Comité de Bioética del Hospital Regional Universitario, Colima.

De las personas voluntarias con DM2 que aceptaron participar (n=18), el 27.7% fueron hombres y el 72.3% mujeres con una edad promedio 62.4 ± 12.8 años y 59.5 ± 10.9 años respectivamente. Mostraron un IMC en hombres de 29.1 ± 8.09 kg/m², mientras que en las mujeres fue de 29.0 ± 3.34 kg/m², $p > 0.05$. El 72.2% presentaron una función gastrointestinal normal con una HbA1c < 7% además de que 15.38% de las personas con función gastrointestinal normal refirieron consumir al menos una porción de probióticos al día, mientras que el 27.8% presentó una disfunción gastrointestinal y una HbA1c mayor al 7% ($p < 0.01$). En lo que respecta a la actividad física sólo el 44.4% realizan más de 150 min al día, lo cual es recomendado por la ADA, sin embargo, hasta el momento no se encontró diferencia entre las HbA1c entre las personas que realizaban una actividad física mayor a 150 min al día y las que no lo realizaban (4).

Este estudio piloto brindo un acercamiento a pacientes con DM2 pertenecientes a una institución pública nos brinda un panorama de la relación entre la HbA1c, la actividad física y la función gastrointestinal, siendo esta última la relacionada con el control glucémico. Se requiere incrementar el tamaño de muestra con base en estos resultados y llevar el estudio piloto a un estudio multicéntrico.

INTRODUCCIÓN

Los problemas gastrointestinales se manifiestan de acuerdo a las características de la dieta occidental, esto se debe principalmente a la falta de componentes nutricionales como los probióticos y prebióticos los cuales permiten un buen desarrollo y mantenimiento de la microbiota intestinal, sin considerar otros cambios gastrointestinales como problemas de masticación, disfagia, estreñimiento debido a la baja motilidad colónica por cambios neurológicos y endocrinos, reducción del peristaltismo, así como retrasamiento del vaciamiento gástrico como mecanismos secundarios a la reducción en la producción de bicarbonato, pepsina, ácido y contenido de sales biliares por mencionar algunos (5).

Así como la recurrencia de complicaciones como gastropatías por AINE's e impacción fecal secundaria al uso prolongado de senósidos. Cabe destacar que cada día aumenta el número de personas consumidoras de probióticos sobre todo de las cepas *Lactobacillus* las cuales con las diversas investigaciones se ha demostrado su efecto terapéutico y mejoras en la función gastrointestinal, ya que a nivel mundial esto ha representado un problema de salud pública, por lo tanto, el uso de probióticos es una forma más económica de atacar dichas problemáticas. Si bien hay que mencionar una cepa que ha tomado mucha relevancia *Limosilactobacillus. reuteri* ya sea para atender situaciones como diarrea, cólico infantil, estreñimiento, diversas infecciones por bacterias patógenas e incluso su uso en cáncer colorrectal(6).

L. reuteri se encuentra en distintas partes y fluidos del cuerpo; como la leche materna, la piel, el tracto urinario y tracto gastrointestinal (7). De igual manera se ha encontrado efectividad en el uso de distintas cepas ya sea para infecciones por *Helicobacter Pylori*, asma, infecciones en la piel, periodontitis, enfermedades gastrointestinales y en el espectro autista (8).

De acuerdo con Peery et al (2022) menciona que “ante estas situaciones es importante desplegar tratamientos personalizados para estas enfermedades”.

Por tales motivos es importante analizar la relevancia de la cepa *L. reuteri* en la enfermedad periodontal y probablemente su impacto a nivel gastrointestinal comparado a otros productos que pueden llegar a ocasionar complicaciones gastrointestinales independientemente de los beneficios esperados respecto a dicha patología, debido a que la cepa *L. reuteri* no mejora totalmente la disbiosis secundaria al uso de tratamientos con antibióticos (9).

TEORÍA

La función gastrointestinal es el conjunto de distintos pasos o procesos por los cuales el cuerpo obtiene los beneficios o nutrimentos de lo que se ingiere; dichos pasos involucran la digestión, absorción, transporte, metabolismo y excreción de los nutrientes.

Iniciando por el proceso de digestión la Real academia de la lengua española la define como acción y efecto de digerir: “convertir en el aparato digestivo los alimentos en sustancias asimilables por el organismo” (10).

Todo el proceso gastrointestinal se divide en fases: fase cefálica, oral, esofágica, gástrica, intestinal y colónica.

Fase cefálica: en dicha fase aún la persona no está expuesta directamente a masticar el alimento, son únicamente señales neurológicas enfocadas a lo que se percibe del alimento como el olor, la forma y el pensamiento de comer lo que deriva en comenzar la secreción gástrica, esto depende a su vez de la amígdala y el hipotálamo (los centros del hambre y/o saciedad), en pocas palabras es la preparación del cuerpo para el momento de comenzar a masticar los alimentos.(11)

Fase oral: durante la fase oral la boca entra en contacto con los alimentos de esta manera comienzan a desdoblarse o degradarse los alimentos, combinando así la función de masticación, secreción de saliva e incluso la participación de enzimas como la mucina, lipasa y amilasa salival, formando así un bolo listo para pasar a la siguiente.(11)

Fase esofágica: el esófago es un tubo que permite el paso del bolo hacia el estómago mediante ondas peristálticas, cuenta con 2 esfínteres (superior e inferior) de esta manera protege el esófago de las secreciones gástricas.(11)

Fase gástrica: una vez que el bolo se encuentra en el estómago comienzan a secretarse ácido clorhídrico y pepsina principalmente para comenzar la digestión de las proteínas, así como eliminar bacterias patógenas, a su vez el estómago se protege secretando bicarbonato y moco. De igual manera se emulsifican los lípidos mediante la lipasa gástrica dejando libres a los ácidos grasos. Las funciones del estómago son básicamente 3: almacenamiento, propulsión y vaciamiento de los alimentos al intestino en forma de quimo.(11)

Fase intestinal: el intestino delgado está constituido por 3 porciones (duodeno, yeyuno e íleon) los cuales están involucrados en la absorción de los nutrimentos, b interviniendo las enzimas pancreáticas, la colecistoquinina, bilis, agua y bicarbonato por mencionar algunos. Dentro del proceso de absorción de los carbohidratos estos pasan a la circulación en forma de carbohidratos sencillos, en el caso de las proteínas se degradan en aminoácidos y los lípidos viajan en forma de quilomicrones.(11)

Fase colónica: en el colon se absorben principalmente agua y electrolitos, así como el almacenamiento de las heces, cabe destacar que en el colon hay una gran diversidad de bacterias no patógenas que se encargan de volver a metabolizar pequeños restos de la dieta para formar otros productos como son los ácidos grasos de cadena corta (11).

En el tracto gastrointestinal (TGI) hay distintos tipos de células que se encargan de tener una correcta protección disminuyendo la permeabilidad y paso de sustancias no deseadas, cuando ocurre un desequilibrio en las paredes del (TGI) ocasiona que alérgenos, contaminantes, patógenos, etc. ataquen el sistema inmunitario, por tal motivo es indispensable mantener una correcta eubiosis para fortalecer el epitelio frente a la amenaza de sustancias o metabolitos no deseados (12).

Hay un término muy interesante llamado microbiota comensal que no es más que los efectos que tiene la microbiota sobre el metabolismo energético, influyendo en funciones como el apetito/saciedad, sensibilidad a la insulina, así como la termogénesis; hablando específicamente en su papel a nivel de órganos como hígado donde participa en la circulación enterohepática, formación de ácidos y sales biliares en el caso del tejido adiposo blanco y marrón se encarga de regular el balance energético. Cabe destacar que tiene efectos antiinflamatorios, funciones cerebrales debido a que interviene en la formación de neurotransmisores (encargados del apetito, funciones cerebrales y el estado de ánimo), influyendo directamente en el comportamiento alimentario(13) (14).

La eubiosis se define de acuerdo a [Bäckhed](#) et al 2012 como “las comunidades microbianas que habitan establemente un nicho viven en un estado de equilibrio que se caracteriza por la abundancia de especies que tienen una relación de comensalismo y mutualismo en el hospedador, de modo que tanto el hospedador como sus huéspedes se ven beneficiados por la simbiosis” (15).

En el caso de la disbiosis se define según [Bäckhed](#) et al 2012 como: “desequilibrio que implica la perturbación del estado de simbiosis y se reconoce por cambios cualitativos y/o cuantitativos en la composición y funciones de la microbiota” (16).

Hay distintos factores asociados a la disbiosis, sin embargo, destacan: el estrés, uso de antibióticos, factores genéticos, dieta, estilo de vida, uso de medicamentos, etc. (17).

Se ha encontrado evidencia de la importancia de la dieta en la composición de la microbiota, sobre todo en pacientes que viven con diabetes mellitus tipo 2 (DM2), hablando específicamente las dietas altas en fibra mejoran el metaboloma sérico, disminuyen la inflamación sistémica y la inflamación de bajo grado, al igual se ha encontrado una correlación positiva entre el aumento de la ingestión de fibra e hidratos de carbono fermentables con la disminución de los síntomas depresivos en pacientes que viven con DM2(18).

La dieta occidental incluye una baja ingesta de frutas, verduras y fibra en donde predominan alimentos ultra procesados los cuales son ricos en azúcares, grasas y sustancias dañinas para salud, así como la mayor parte de proteína proviene de carnes rojas, respecto a la actividad física la población es sedentaria, lo cual es el ambiente perfecto para problemas de salud como síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares y crónico degenerativas(19).

Si bien, para mejorar el ecosistema de la microbiota intestinal no es necesario hacer cambios en la cantidad de calorías administradas, o mejor dicho, una dieta isocalórica con apego al patrón dietético mediterráneo ha demostrado beneficios debido al aumento en la producción de ácidos grasos de cadena corta, incluso el consumo de alimentos como bayas, granada y las nueces son alimentos altamente recomendados para tratar la disbiosis intestinal(20).

A su vez al incrementar la ingesta de fibra aumentan las bacterias formadoras de butirato y ácidos grasos de cadena corta, los cuales intervienen en la formación de ácidos biliares e intervienen en el metabolismo de la glucosa, almacenamiento de grasa y regulación del hambre/saciedad(21).

Cabe resaltar que actualmente existen muchas técnicas novedosas que proponen mejorar el ecosistema del microbioma de individuos que tienen síndrome metabólico o alguna enfermedad relacionada a un desequilibrio inmunológico o endocrino, siendo parteaguas el uso de trasplante de microbiota fecal, prebióticos y probióticos(22).

La microbiota se encarga de regular la producción de neurotransmisores y la sensación del bienestar por lo tanto interviene en la respuesta al estrés y comportamientos cognitivos(22).

En el ámbito de la permeabilidad intestinal se ha encontrado que esté tipo de tratamientos dietéticos, nutraceúticos y uso de terapias ayudan bastante a reducir síntomas como en el caso del síndrome intestino irritable(22).

Lo que respecta a patrones dietéticos recomendados es fundamental hablar de la dieta mediterránea la cual consiste en un alto consumo de frutas, verduras, proteína vegetal y pescado, ya que es un factor protector contra enfermedades cardiovasculares, metabólicas, degenerativas e inflamatorias(22).

Con las dietas veganas se ha encontrado que hay mayor consumo de fibra y vegetales, aportando mayor variedad y cantidad de bacterias en la microbiota, así como una asociación con mejor control de peso, un perfil lipídico dentro de rangos recomendados, así como mejor control de la glucosa, presión arterial y salud cardiovascular (23).

A su vez en el caso de las dietas bajas en carbohidratos y las dietas de restricción en el tiempo muestran cambios en la microbiota intestinal, sin embargo la dieta baja en carbohidratos promueve una mayor oxidación de lípidos y la dieta de restricción en el tiempo una pérdida sustancial de masa magra (24).

Son alimentos no digeribles para los seres humanos, sin embargo son el alimento perfecto para los probióticos o bacterias que habitan en la microbiota intestinal y colónica, de acuerdo a distintos metaanálisis se ha demostrado que los prebióticos tienen un efecto superior a los probióticos y simbióticos sobre el HOMA-IR (25).

Los probióticos promueven la disminución de la permeabilidad intestinal, reducen la inflamación, ayudan al control en la resistencia a la insulina, forman ácidos grasos de cadena corta, inducen la producción de adiponectina, aumentan la producción de hormonas intestinales, mejoran la tolerancia a la glucosa y glucosa en sangre, ya lo menciona Mobini et al. 2017 “Los *Lactobacillus reuteri* DSM 17938 aumentan los ácidos biliares desconjugados, acompañado de un aumento de la sensibilidad a la insulina y del metabolismo de la glucosa”(26).

Los probióticos se pueden clasificar de acuerdo con su presentación ya sea en forma de fármacos, alimentos, suplementos, alimentos fermentados, mezclas microbianas o fórmulas con probióticos.

Se define como simbiótico a la mezcla de probióticos y prebióticos que generan un efecto en el huésped (27). En sentido estricto debería ser reservado a productos en los que el componente prebiótico selectivamente favorece al componente probiótico (p.ej., oligofructosa y bifidobacterias pero no oligofructosa con *Lactobacillus* (L) *casei*; no obstante, si se entiende la sinergia ampliamente, esta última combinación sería posible. Los simbióticos muestran mayor impacto en los niveles de insulina en ayuno en comparación con los prebióticos y probióticos(28).

La periodontitis y la diabetes mantienen una relación bidireccional, en la que cada enfermedad influye negativamente en la otra. La periodontitis, una afección inflamatoria que destruye el soporte dental, es altamente prevalente y afecta entre el 10-15% de los adultos, con un riesgo tres veces mayor en personas con diabetes. Factores como la hiperglucemia, la disfunción inmunológica y la biología de las citocinas agravan esta relación(29).

Los diabéticos con periodontitis grave tienen un mayor riesgo de complicaciones renales y cardiovasculares, con el doble de incidencia de macroalbuminuria y triple riesgo de enfermedad renal terminal. Además, el riesgo de mortalidad cardiorenal se triplica en estos pacientes(29).

El tratamiento periodontal mejora el control glucémico, reduciendo la HbA1c en 0.4%, por lo que la salud bucal debe ser parte del manejo integral de la diabetes. La evidencia respalda un enfoque multidisciplinario, donde el cuidado periodontal ayude a prevenir complicaciones graves y mejorar la calidad de vida de los pacientes (29).

La diabetes mellitus y la enfermedad periodontal están estrechamente relacionadas, ya que comparten mecanismos de progresión y su incidencia sigue en aumento(30).

La diabetes, un trastorno metabólico caracterizado por hiperglucemia debido a problemas en la producción o acción de la insulina, puede agravar la inflamación periodontal. A su vez, la periodontitis puede influir negativamente en el control glucémico, reforzando la naturaleza bidireccional de esta relación(30).

Si bien la evidencia respalda esta conexión, aún existen limitaciones para establecer una causalidad directa. Por ello, se destaca la importancia de un enfoque multidisciplinario en el tratamiento de ambas afecciones y la necesidad de más estudios que profundicen en sus mecanismos de interacción y su impacto en la salud pública(31).

Un metaanálisis publicado en *Diabetes Care* (2021) encontró que combinar ejercicio aeróbico y de resistencia es más eficaz para reducir la HbA1c que cualquiera de los dos por separado (31).

Reducción media: entre 0.6% y 1.0% en HbA1c en personas con diabetes tipo 2 tras 12-24 semanas de intervención.

Las guías de la American Diabetes Association (ADA) 2023 recomiendan al menos 150 minutos por semana de actividad aeróbica moderada (como caminar rápido), distribuidos en al menos 3 días por semana, sin más de 2 días consecutivos sin actividad. Se recomienda añadir ejercicios de resistencia al menos 2 veces por semana. El cumplimiento de estas recomendaciones se asocia con una reducción promedio de 0.7% en HbA1c (32).

Un estudio publicado en *The Lancet Diabetes & Endocrinology* (2022) mostró que en adultos con prediabetes o diabetes tipo 2 reciente sin medicamentos, el ejercicio supervisado redujo significativamente la HbA1c, mejorando también la sensibilidad a la insulina (33).

Estudios recientes han demostrado que incluso pequeñas interrupciones del comportamiento sedentario.

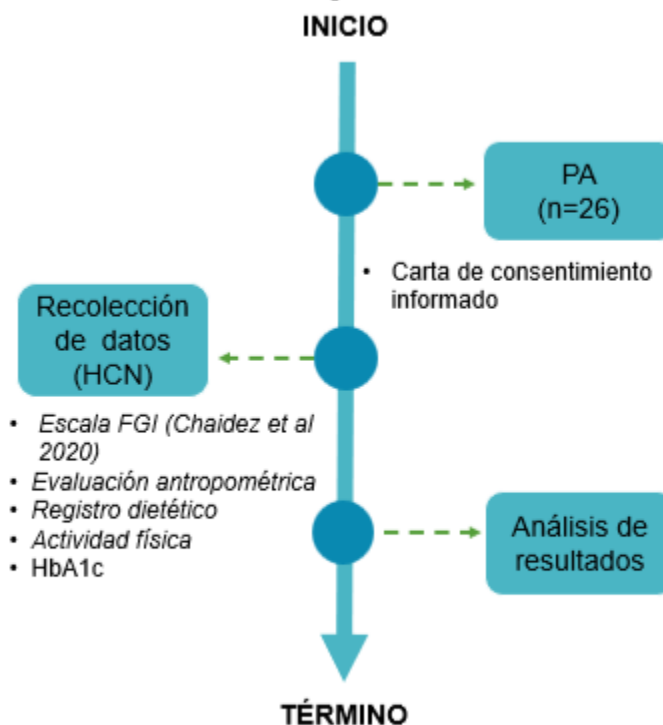
El ejercicio regular, especialmente si combina actividades aeróbicas y de resistencia, tiene un efecto significativo en la reducción de la HbA1c en personas con diabetes tipo 2. Este efecto es clínicamente relevante y comparable al de algunos medicamentos hipoglucemiantes. Las recomendaciones actuales sugieren al menos 150 minutos semanales de ejercicio aeróbico más entrenamiento de fuerza para obtener beneficios óptimos (34).

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- 1) Entrega de la carta de consentimiento informado.
- 2) Se aplicó **la historia clínica nutricional** e historia del paciente: nombre completo, fecha de nacimiento, sexo, medicamentos que se consumen y patologías de base.
- 3) Dentro de la **evaluación nutricia**: antecedentes relacionados con alimentación y/o nutrición, se aplicó un cuestionario de frecuencia de consumo de 19 ítems y el R24h para conocer las características de la alimentación, así como la cantidad de calorías, hidratos de carbono, proteína y lípidos ingeridos a través de la dieta.

- 4) En la evaluación nutricional hablando estrictamente de medidas antropométricas se midió: peso, talla con largo de antebrazo, la fuerza de agarre en mano izquierda y derecha, perímetro de cintura, perímetro umbilical y perímetro de cadera.
- 5) En datos bioquímicos se tomaron datos de hemoglobina glucosilada HbA1c.
- 6) Posteriormente se aplicó el cuestionario de función gastrointestinal de Chaidez 2020 el cual está compuesto por 9 ítems para clasificar la función gastrointestinal.
- 7) Actividad física: se aplicó el cuestionario de actividad física IPAQ para evaluar (actividad física vigorosa, moderada y leve) de acuerdo con la cantidad de METS.

Materiales y métodos



DM2: diabetes mellitus tipo 2; PA: persona adulta; HCN: historia clínica nutricional; FGI: función gastrointestinal, HbA1c: hemoglobina glucosilada.

RESULTADOS

Se obtuvieron un total de 24 pacientes de los cuales 5 (20.83%) de ellos tuvieron una hemoglobina glucosilada superior a 7, por lo que se consideran a estos pacientes como no controlados. Al realizar la comparación entre los grupos, sólo se obtuvo diferencia en el consumo de lípidos, siendo menor en los pacientes no controlados.

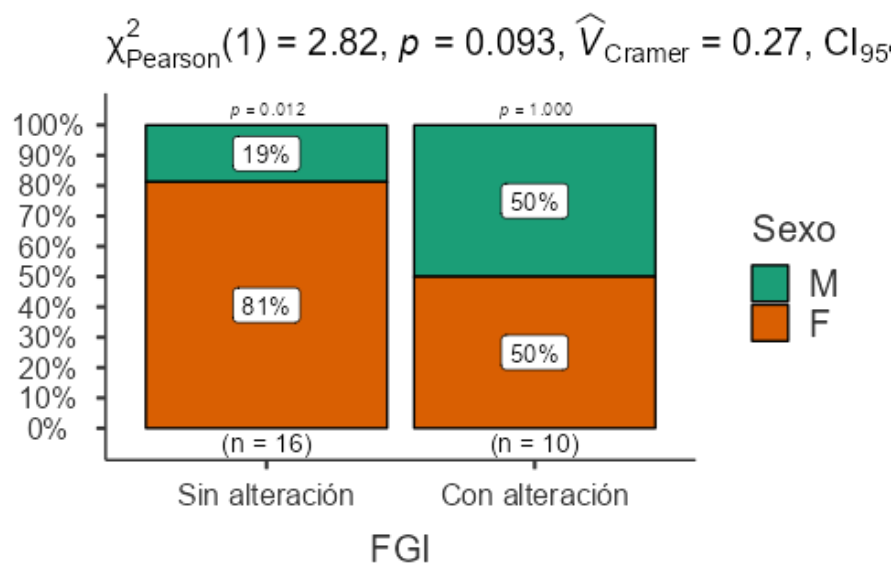
Un parámetro que resulta interesante es la actividad física medida en METS, en este parámetro se obtuvo que los pacientes considerados como controlados (Hb1Ac <7) tuvieron una mayor dispersión por lo que se considera que en estos pacientes tuvieron mayor variación en el tiempo y tipo de actividad física que los pacientes no controlados. La mediana de los METS es mayor en el grupo de los pacientes controlados por que estos pacientes tienen un mayor tiempo de actividad física o actividades más vigorosas en comparación con los pacientes no controlados.

Tabla 1. Comparación por el grado de control de DM2 por (HbA1c)

Parámetro	Controlado	No controlado
	Hb1AC<7	Hb1AC>7
	n=19	n=5
Edad (años)	58 (23.5)	55 (9)
Peso (kg)	74 (24.3)	76 (6.6)
IMC (kg/m ²)	29.5 (7.07)	30.4 (2.94)
CC (cm)	92 (15)	96 (13)
Ca (cm)	102 (18.7)	113 (6)
Proteínas	81 (23)	57.5 (3)
Lípidos	48 (9)	36 (6.5)*
HCO	197 (39.5)	185(42)
METS	862 (2911)	615 (677)

Los datos representan la mediana con el rango intercuartílico, * $p < 0.05$ con la prueba U de Mann Whitney. Abreviaturas. HCO: carbohidratos, Ca: Circunferencia abdominal, CC: circunferencia de cadera.

En lo que respecta a la función gastrointestinal, en estos pacientes con diabetes y periodontitis no se encontró asociación entre el sexo y la función gastrointestinal (figura 2)

Fig 2. Función gastrointestinal por sexo


Otro análisis realizado fue la comparación de los parámetros entre los grupos que reflejaron una alteración gastrointestinal y los que no la tuvieron, no se encontró diferencia entre los grupos ($p>0.05$)

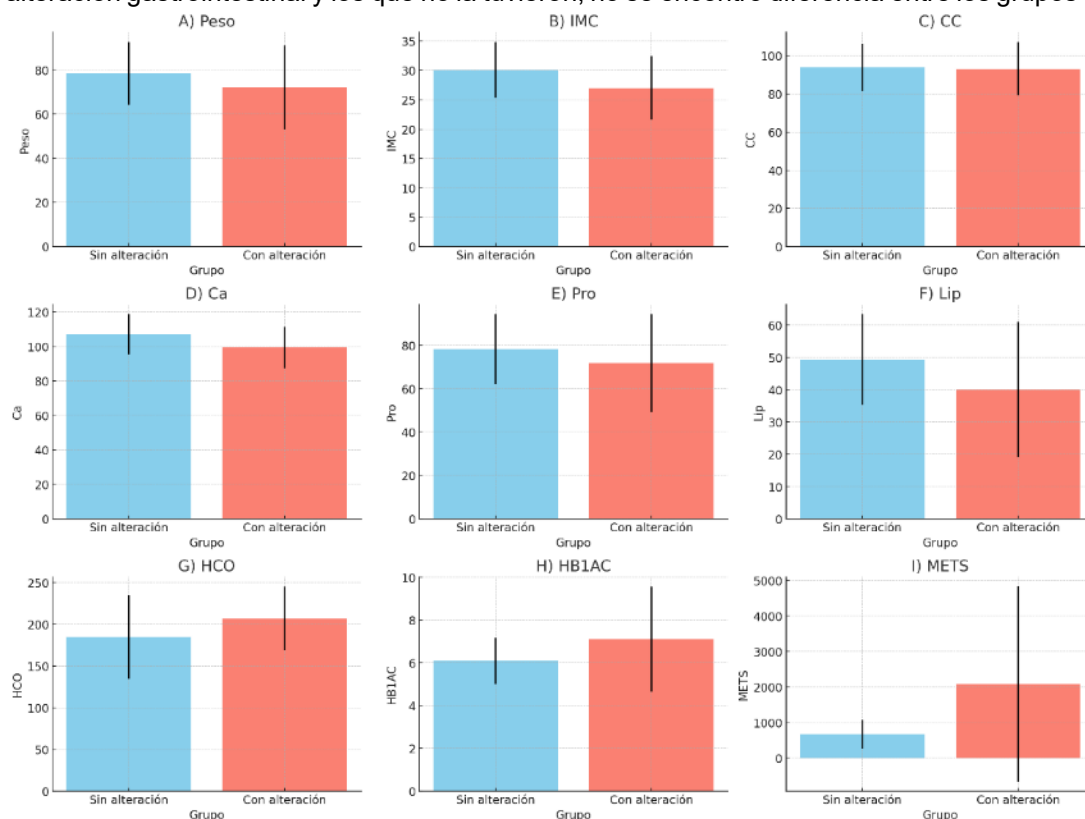


Fig 3. Panel de parámetros dado la función gastrointestinal. No se observan diferencias entre los grupos, las comparaciones se realizaron con t de Welch, se considera significativo un valor de $p<0.05$.

Finalmente, en la tabla 3, se muestra los síntomas más comunes reflejados por los pacientes, se observa que la presencia de gases y la urgencia en evacuar son de los síntomas de disfunción gastrointestinal más frecuentes en estos pacientes que presentan diabetes y periodontitis.

Tabla 2. Evaluación de la gravedad de los síntomas de la función gastrointestinal

¿Tiene presencia de gases intestinales?	Ausente	12	46.3%
	Presente	14	53.8%
¿Siente urgencia de evacuar?	Ausente	13	50%
	Presente	13	50%
Nota: los valores son presentados en porcentaje.			

CONCLUSIONES

Al tratarse de un estudio piloto se observan tendencias importantes, donde, la función gastrointestinal tiende a disminuir en pacientes con diabetes y periodontitis, reflejando una disminución en los parámetros antropométricos. Así mismo, los pacientes con alteración gastrointestinal tienen una mayor Hb1Ac, así como una menor actividad física. Si bien una limitación del estudio es el tamaño

de muestra, el estudio arroja resultados que serán de utilidad para establecer adecuados tamaños de muestra para estudiar pacientes con diabetes y periodontitis.

REFERENCIAS

1. Álvarez J, Fernández Real JM, Guarner F, Gueimonde M, Rodríguez JM, Saenz de Pipaon M, et al. Gut microbes and health. *Gastroenterol Hepatol*. 2021;44(7):519-35.
2. Fragiadakis GK, Wastyk HC, Robinson JL, Sonnenburg ED, Sonnenburg JL, Gardner CD. Long-term dietary intervention reveals resilience of the gut microbiota despite changes in diet and weight. *Am J Clin Nutr*. 1 de junio de 2020;111(6):1127-36.
3. Beltrán Chaidez YL, Guadarrama Guadarrama R, Arzate Hernández G, Flores Merino MV, Jaimes Alpízar E, Reyes Barretero DY, et al. Construcción y validación de un cuestionario para medir función gastrointestinal en adultos. *Nutr Clínica Dietética Hosp*. 2020;40(3):26-35.
4. American Diabetes Association Professional Practice Committee. 5. Facilitating Behavior Change and Well-being to Improve Health Outcomes: Standards of Medical Care in Diabetes-2022. *Diabetes Care*. 1 de enero de 2022;45(Suppl 1):S60-82.
5. Grassi M, Petraccia L, Mennuni G, Fontana M, Scarno A, Sabetta S, et al. Changes, functional disorders, and diseases in the gastrointestinal tract of elderly. *Nutr Hosp*. agosto de 2011;26(4):659-68.
6. Peng Y, Ma Y, Luo Z, Jiang Y, Xu Z, Yu R. *Lactobacillus reuteri* in digestive system diseases: focus on clinical trials and mechanisms. *Front Cell Infect Microbiol*. 18 de agosto de 2023;13:1254198.
7. Characteristics of fecal microbiota in different constipation subtypes and association with colon physiology, lifestyle factors, and psychological status - Ting Yu, Yu Ding, Dong Qian, Lin Lin, Yurong Tang, 2023 [Internet]. [citado 29 de enero de 2025]. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/17562848231154101>
8. Dargenio C, Dargenio VN, Bizzoco F, Indrio F, Francavilla R, Cristofori F. *Limosilactobacillus reuteri* Strains as Adjuvants in the Management of *Helicobacter pylori* Infection. *Medicina (Mex)*. 20 de julio de 2021;57(7):733.
9. Yang C, Liang L, Lv P, Liu L, Wang S, Wang Z, et al. Effects of non-viable *Lactobacillus reuteri* combining with 14-day standard triple therapy on *Helicobacter pylori* eradication: A randomized double-blind placebo-controlled trial. *Helicobacter*. diciembre de 2021;26(6):e12856.
10. ASALE R, RAE. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. [citado 29 de enero de 2025]. *digerir | Diccionario de la lengua española*. Disponible en: <https://dle.rae.es/digerir>
11. Scribbr [Internet]. [citado 29 de enero de 2025]. Generador APA de Scribbr. Disponible en: <https://www.scribbr.es/citar/generador/apa/>
12. Ríos-Covián D, Ruas-Madiedo P, Margolles A, Gueimonde M, de Los Reyes-Gavilán CG, Salazar N. Intestinal Short Chain Fatty Acids and their Link with Diet and Human Health. *Front Microbiol*. 2016;7:185.
13. IgA and the intestinal microbiota: the importance of being specific - PubMed [Internet]. [citado 30 de enero de 2025]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31740744/>
14. Interplay Between the Gut-Brain Axis, Obesity and Cognitive Function - PubMed [Internet]. [citado 30 de enero de 2025]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29615850/>
15. Gut microbes promote colonic serotonin production through an effect of short-chain fatty acids on enterochromaffin cells - PubMed [Internet]. [citado 30 de enero de 2025]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25550456/>

16. Bäckhed F, Fraser CM, Ringel Y, Sanders ME, Sartor RB, Sherman PM, et al. Defining a healthy human gut microbiome: current concepts, future directions, and clinical applications. *Cell Host Microbe*. 15 de noviembre de 2012;12(5):611-22.
17. The First Microbial Colonizers of the Human Gut: Composition, Activities, and Health Implications of the Infant Gut Microbiota - PMC [Internet]. [citado 30 de enero de 2025]. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5706746/>
18. Chen L, Liu B, Ren L, Du H, Fei C, Qian C, et al. High-fiber diet ameliorates gut microbiota, serum metabolism and emotional mood in type 2 diabetes patients. *Front Cell Infect Microbiol*. 30 de enero de 2023;13:1069954.
19. Meslier V, Laiola M, Roager HM, De Filippis F, Roume H, Quinquis B, et al. Mediterranean diet intervention in overweight and obese subjects lowers plasma cholesterol and causes changes in the gut microbiome and metabolome independently of energy intake. *Gut*. julio de 2020;69(7):1258-68.
20. Losno EA, Sieferle K, Perez-Cueto FJA, Ritz C. Vegan Diet and the Gut Microbiota Composition in Healthy Adults. *Nutrients*. 13 de julio de 2021;13(7):2402.
21. Li L, Li R, Tian Q, Luo Y, Li R, Lin X, et al. Effects of healthy low-carbohydrate diet and time-restricted eating on weight and gut microbiome in adults with overweight or obesity: Feeding RCT. *Cell Rep Med* [Internet]. 19 de noviembre de 2024 [citado 4 de febrero de 2025];5(11). Disponible en: [https://www.cell.com/cell-reports-medicine/abstract/S2666-3791\(24\)00548-2](https://www.cell.com/cell-reports-medicine/abstract/S2666-3791(24)00548-2)
22. Gut microbiome-targeted therapies in nonalcoholic fatty liver disease: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression - PubMed [Internet]. [citado 6 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31124558/>
23. Mobini R, Tremaroli V, Ståhlman M, Karlsson F, Levin M, Ljungberg M, et al. Metabolic effects of *Lactobacillus reuteri* DSM 17938 in people with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *Diabetes Obes Metab*. abril de 2017;19(4):579-89.
24. A critical evaluation of the application of biomarkers in epidemiological studies on diet and health - PubMed [Internet]. [citado 17 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11520423/>
25. Vakilpour A, Amini-Salehi E, Soltani Moghadam A, Keivanlou MH, Letafatkar N, Habibi A, et al. The effects of gut microbiome manipulation on glycemic indices in patients with non-alcoholic fatty liver disease: a comprehensive umbrella review. *Nutr Diabetes*. 10 de mayo de 2024;14:25.
26. Preshaw PM, Alba AL, Herrera D, Jepsen S, Konstantinidis A, Makrilakis K, et al. Periodontitis and diabetes: a two-way relationship. *Diabetologia*. 2012;55(1):21-31.
27. Salazar-Villavicencio M, Chávez-Castillo DM, Carranza-Samanez KM, Salazar-Villavicencio M, Chávez-Castillo DM, Carranza-Samanez KM. Actualización de la Relación Bidireccional de la Diabetes Mellitus y la Enfermedad Periodontal. *Int J Odontostomatol*. junio de 2022;16(2):293-9.
28. Luo Z, Chen A, Xie A, Liu X, Jiang S, Yu R. *Limosilactobacillus reuteri* in immunomodulation: molecular mechanisms and potential applications. *Front Immunol*. 2023;14:1228754.
29. Peron G, Gargari G, Meroño T, Miñarro A, Lozano EV, Escuder PC, et al. Crosstalk among intestinal barrier, gut microbiota and serum metabolome after a polyphenol-rich diet in older subjects with "leaky gut": The MaPLE trial. *Clin Nutr*. 1 de octubre de 2021;40(10):5288-97.
30. Janssens Y, Nielandt J, Bronselaer A, Debunne N, Verbeke F, Wynendaele E, et al. Disbiome database: linking the microbiome to disease. *BMC Microbiol*. diciembre de 2018;18(1):50.

31. Umpierre D, Ribeiro PA, Kramer CK, Leitão CB, Zucatti AT, Azevedo MJ, et al. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Care*. 2021;44(3):631–638.
32. American Diabetes Association. 5. Facilitating behavior change and well-being to improve health outcomes: Standards of Care in Diabetes—2023. *Diabetes Care*. 2023;46(Suppl 1):S60–S82.
33. Ross R, Hudson R, Day AG, Lam M, Avery L. Effects of exercise amount and intensity on HbA1c in adults with prediabetes: a randomized clinical trial. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2022;10(5):304–314.
34. Dempsey PC, Larsen RN, Sethi P, Sacre JW, Straznicky NE, Cohen ND, et al. Interrupting prolonged sitting with brief bouts of light walking improves postprandial glycemia in type 2 diabetes. *Diabetologia*. 2020;63(3):659–669.

USO DE UÑAS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE FLUORURO SISTÉMICO EN ESCOLARES PROVENIENTES DE ZONAS DE BAJA Y ALTA EXPOSICIÓN EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Jesús Lavalle-Carrasco¹, Nelly Molina-Frechero², Leonor Sánchez-Pérez², Sandra López-Verdín³, Ronell Bologna-Molina⁴

¹Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM),

²División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco (UAM-X), ³Instituto de Investigación de Odontología, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara (UdG), ⁴Área de Patología Molecular, Facultad de Odontología, Universidad de la República de Uruguay (UDELAR).

lavallec@outlook.com

RESUMEN

La elevada exposición a fluoruro (F⁻) en agua representa un problema de carácter global debido a la contaminación de depósitos subterráneos destinados al consumo humano en regiones donde el suelo presenta un gran contenido de roca volcánica. La ingesta crónica y por encima de los niveles considerados como permisibles (>1.5 mg/L) de F⁻ conduce al desarrollo de toxicidad en diferentes estructuras del cuerpo humano, comenzando con tejidos mineralizados, hasta alcanzar otros órganos y sistemas, considerando a la niñez como una etapa de amplia susceptibilidad para la aparición de estas alteraciones. Para prevenir el daño en la salud derivado de la toma inadecuada de F⁻, se han empleado uñas como biomarcadores que permiten conocer la exposición de largo término al compuesto. El propósito de este estudio fue cuantificar el F⁻ sistémico en escolares provenientes de zonas de baja y alta exposición en agua para consumo con el uso de uñas de los pies. El estudio fue realizado en Tláhuac, Ciudad de México, al ser considerada como una zona de baja exposición a F⁻ en agua, y en la Ciudad de Durango, Durango, donde se exhiben altos niveles del compuesto en esta fuente de consumo. Se recolectaron muestras de uñas del primer dedo del pie de escolares de entre 8 y 11 años de edad originarios de ambos lugares de estudio, las cuales fueron procesadas mediante la técnica de difusión con hexametildisiloxano para posteriormente cuantificar la concentración del compuesto con potenciometría acoplada a ion selectivo. Se establecieron grupos de edad de 8-9 y 10-11 años para efectuar las comparaciones de las medias de la concentración de F⁻ sistémico en uñas, empleando el estadístico U de Mann-Whitney, con un valor de $p < 0.05$ indicativo de significancia estadística. Un total de 120 escolares conformaron la muestra del estudio, en los cuales se observaron mayores concentraciones de F⁻ sistémico en uñas en los respectivos grupos de edad de los niños pertenecientes a la zona de alta exposición al compuesto respecto a los de menor exposición. Con relación a la muestra proveniente de la zona de baja exposición, se registraron mayores niveles de F⁻ sistémico en los escolares del grupo de 10-11 años en comparación al de 8-9 años, sin establecer diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$). De igual forma, se encontraron concentraciones sistémicas más altas del compuesto en el grupo de 10-11 años respecto al de 8-9 años en los escolares de la zona de alta exposición, las cuales resultaron ser estadísticamente significativas ($p < 0.05$), en contraste con la zona de baja exposición. Por tanto, se establece que existen mayores niveles de F⁻ sistémico en escolares pertenecientes a zonas de alta exposición al compuesto a través del agua para consumo humano, destacando el uso de uñas para efectuar esta cuantificación por las ventajas biológicas que presenta como biomarcador. Adicionalmente, se reconoce a la edad como un factor influyente en la acumulación del compuesto en el cuerpo relacionado con el tiempo de exposición transcurrido.

INTRODUCCIÓN

El fluoruro (F⁻), como compuesto derivado de la combinación de diversos elementos con el flúor, es un micronutriente necesario para el cuerpo humano que se encuentra de manera natural en la atmósfera y en la superficie terrestre con concentraciones que varían de acuerdo con el área geográfica analizada¹. Existen diferentes fuentes a través de las cuáles el F⁻ puede ser ingerido, considerando como principales el agua para consumo seguido de los alimentos, y agregando como

adicionales el uso de suplementos dentales fluorurados y la contribución al ambiente de actividades de tipo antropogénicas, como lo son la agricultura con el uso de pesticidas y la industria con la quema de desechos².

Los excesivos niveles de F- en agua representan un problema de carácter global debido a la contaminación de depósitos subterráneos cuya extracción está destinada al consumo humano en regiones donde el suelo presenta un elevado contenido de roca volcánica, que con la alta presencia de minerales ricos en F- (fluorita, criolita y apatita) promueven el incremento del compuesto. A esto se agregan distintos fenómenos geoquímicos que incluyen la movilidad del ion, el pH, la precipitación, entre otros³.

En concentraciones establecidas como óptimas (0.5-1.0 mg/L) el F- fortalece a los tejidos dentales y óseos en sus etapas de formación y remineralización. Sin embargo, la ingesta crónica y por encima de los niveles considerados como permisibles (>1.5 mg/L) conduce al desarrollo de toxicidad en diferentes estructuras del cuerpo humano, con deterioro inicial percibido en los dientes y huesos como principales reservorios de F-, y con un avance en el daño que llega a los tejidos blandos como ligamentos y tendones, hasta afectar diferentes órganos y sistemas (nervioso, cardiovascular, renal, respiratorio, reproductivo, entre otros)^{4,5}.

La niñez se reconoce como una etapa de amplia susceptibilidad para la aparición de estas alteraciones, manifestado en el deterioro del esmalte dental en los periodos de formación embrionaria y erupción tanto en la dentición temporal como en la permanente⁶. Así mismo, la disminución de la capacidad cognitiva reflejada en menores niveles de coeficiente intelectual (IQ) se observa en poblaciones infantiles altamente expuestas, en función del tiempo y cantidades consumidas de F-⁷. Es por ello que diferentes muestras biológicas con propiedades distintas han sido empleadas como biomarcadores de exposición a F- con el propósito de prevenir el perjuicio a la salud derivado de la ingesta inadecuada del compuesto⁸.

Como biomarcadores históricos se engloban a los dientes y huesos, que al retener la mayor cantidad de F- en el cuerpo reflejan niveles precisos de exposición, con el primordial inconveniente de la recolección que resulta ser invasiva. Los fluidos corporales que comprenden a la orina, saliva, y sangre (plasma) constituyen a los biomarcadores contemporáneos, en los cuáles se detecta el consumo inmediato de F- por exposición aguda, siendo la orina el de preferencia para su uso por la recolección y procesamiento óptimos, ya que la cuantificación de F- en la saliva puede ser alterada por el microambiente oral, y la obtención de sangre se cataloga como invasiva. Finalmente, se identifican a las uñas y cabello como biomarcadores recientes que comparten la característica principal de ser matrices queratinizadas que con su crecimiento continuo permiten registrar las concentraciones sistémicas del compuesto provenientes del torrente sanguíneo por exposición subcrónica/crónica^{8,9}.

Las uñas se distinguen además por poseer ventajas adicionales con respecto al resto de los biomarcadores por la recolección no invasiva, con almacenamiento de la muestra que no presenta degradación y no requiere condiciones especiales, y de procesamiento simple. De igual forma, es posible obtener tanto uñas de los dedos como de los pies, haciendo énfasis en que las últimas no se encuentran expuestas al ambiente, por lo que registran auténticamente los niveles cuantificados del compuesto en el cuerpo¹⁰.

Debido a la problemática actual previamente explicada, y a la emergente implementación de biomarcadores de exposición a F- en poblaciones que se encuentran en riesgo de desarrollar alteraciones en la salud, el objetivo del estudio fue cuantificar el F- sistémico en escolares provenientes de zonas de baja y alta exposición en agua para consumo con el uso de uñas de los pies.

PARTE EXPERIMENTAL

El diseño del presente estudio fue transversal, descriptivo y observacional. Se recolectaron muestras de uñas del primer dedo del pie de escolares de entre 8 y 11 años de edad originarios de una zona con baja (Tláhuac, Ciudad de México)¹¹ y otra con alta exposición (Victoria de Durango, Durango)¹² de F⁻ en agua, con previa instrucción de dejarlas en crecimiento durante 15 días. Los especímenes fueron almacenados en bolsas de plástico a temperatura ambiente y etiquetadas de forma individual de acuerdo con cada participante del estudio.

Las muestras de uñas fueron procesadas mediante la técnica de difusión facilitada con hexametildisiloxano (HMDS) para posteriormente cuantificar la concentración del compuesto con potenciometría acoplada a ion selectivo¹³. Inicialmente se realizó un lavado de las muestras con agua desionizada para después ser secadas a $95 \pm 5^\circ\text{C}$. Seguido, se colocaron en el fondo de cajas Petri de forma individualizada en donde se añadieron 3 ml de agua desionizada. En la tapa se distribuyeron en gotas 50 μl de NaOH 0.05 N para el atrapamiento de los iones de F⁻. El cierre y sellado de la misma se realizó con vaselina para evitar la pérdida de F⁻ liberado de la uña. Para iniciar la reacción química de extracción del F⁻ en las muestras, se agregaron 3 ml de 3.0 N H₂SO₄ saturado con HMDS en un orificio previamente realizado en la tapa, manteniendo este procesamiento en un lapso de 12-18 horas, para finalmente hacer la lectura del F⁻ después de añadir 20 μl de 0.2 N CH₃COOH como solución buffer en la tapa con NaOH (Figura 1).

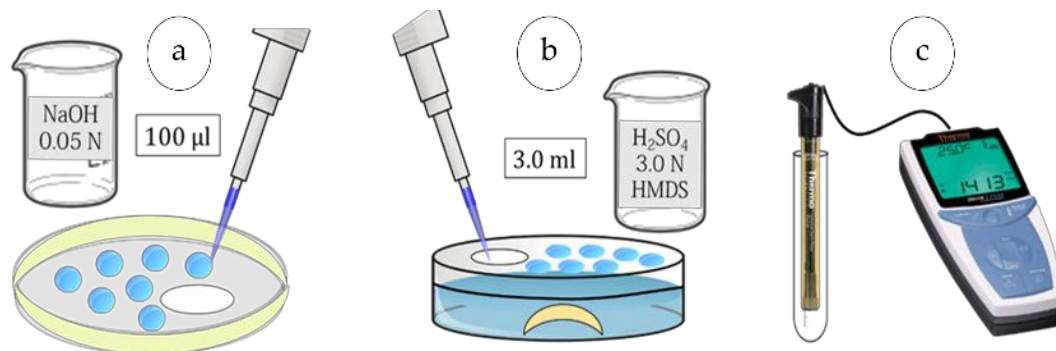


Figura 1. Técnica de difusión facilitada con hexametildisiloxano (HMDS). a) Mediante una trampa de NaOH, se captura el fluoruro (F⁻) resultante de b) la inmersión de las uñas en agua desionizada, H₂SO₄ y HMDS. c) Posteriormente se efectúa la cuantificación del compuesto empleando potenciometría acoplada a un electrodo-ion selectivo para F⁻.

Se establecieron grupos de edad de 8-9 y 10-11 años en ambos lugares de estudio con el propósito de verificar si la exposición registrada en el biomarcador presentaba diferencias en función del tiempo transcurrido. Se calculó la media y desviación estándar (DE) de la concentración de F⁻ sistémico en los grupos de edad mencionados para efectuar comparaciones empleando el estadístico U de Mann-Whitney, con un valor de $p < 0.05$ indicativo de significancia estadística.

RESULTADOS

Un total de 120 escolares conformaron la muestra del estudio, con 60 de ellos correspondientes a cada zona de exposición. De acuerdo con los grupos de edad, 24 y 29 escolares de Tláhuac y Durango integraron el grupo de 8-9 años de edad, respectivamente; para el grupo de 10-11 años de edad, 36 y 31 escolares fueron identificados en Tláhuac y Durango, respectivamente.

Con relación a la concentración media de F⁻ sistémico cuantificada en los biomarcadores de los escolares de Tláhuac, el grupo de 8-9 años de edad presentó 0.59 ± 0.43 partes por millón (ppm) de F⁻, en tanto que del grupo de 10-11 años de edad se registraron 0.66 ± 0.44 ppm. Este último exhibió mayores concentraciones sistémicas del compuesto, aunque las diferencias no resultaron ser estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

En Durango, la concentración media de F- sistémico cuantificada en los biomarcadores de los escolares de 8-9 años de edad fue de 2.50 ± 1.55 ppm, en contraste con el grupo de 10-11 años en donde se observó una concentración de 2.93 ± 1.19 ppm. En el grupo de escolares de mayor edad se registró una media de F- en las uñas más elevada respecto al de menor edad, diferencia que fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$) (Tabla 1 y Figura 2).

Tabla 1. Media de los niveles de fluoruro sistémico en uñas de los pies de escolares por lugar de estudio y grupos de edad.

Lugar de estudio	F- sistémico 8-9 años de edad $\pm$ DE (n)	F- sistémico 10-11 años de edad $\pm$ DE (n)	Valor de p
Tláhuac	0.59 ± 0.43 ppm (24)	0.66 ± 0.44 ppm (36)	>0.05
Durango	2.50 ± 1.55 ppm (29)	2.93 ± 1.19 ppm (31)	$<0.05^*$

F-: Fluoruro. DE: Desviación Estándar. Ppm: Partes por millón.

*Diferencias estadísticamente significativas de U de Mann-Whitney.

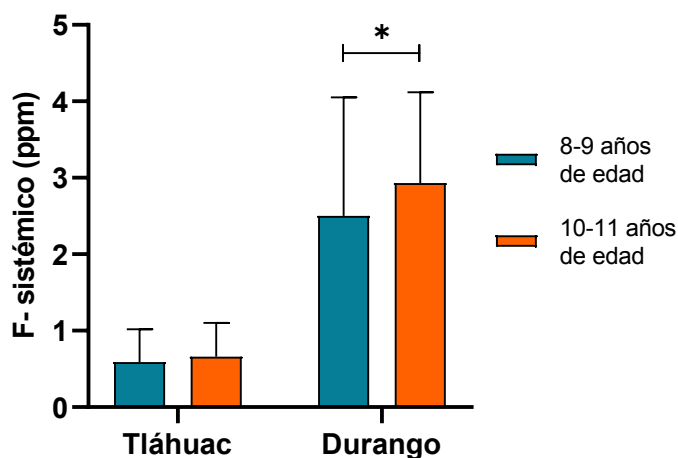


Figura 2. Niveles de fluoruro (F-) sistémico en uñas de escolares por lugar de estudio y grupos de edad. Ppm. Partes por millón. *Diferencias estadísticamente significativas de U de Mann-Whitney ($p < 0.05$).

En general, se registraron niveles de F- sistémico más elevados en ambos grupos de edad de los escolares provenientes de la zona de alta exposición del compuesto en el agua para consumo. Esto permite establecer que con la cuantificación del compuesto en las uñas es posible detectar diferencias que corresponden con los niveles de exposición de F- en agua que los niños experimentan respecto a cada sitio de estudio, por lo que la cantidad de F- sistémica contenida en las uñas es menor en lugares con baja exposición al compuesto, y caso contrario, esta concentración incrementa con una mayor exposición.

Con relación a los grupos de edad y las concentraciones de F- sistémico, en ambos lugares de estudio estos valores fueron más elevados en la edad de 10-11 años respecto a la de 8-9 años, aunque únicamente en Durango, lugar de alta exposición al compuesto, las diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Esto señala que el tiempo representa un factor importante para el análisis de la exposición de los escolares, por lo que con menor edad que refleja un periodo más corto de exposición, se observan niveles disminuidos de F- sistémico, y un aumento de edad es indicativo de concentraciones de F- sistémico más altas en el biomarcador.

Lo anterior resalta la utilidad del uso de uñas como biomarcadores de exposición subcrónica/crónica a F- para poder registrar de forma precisa la cantidad del compuesto acumulada sistémicamente derivado de la ingesta de largo tiempo, con la posibilidad de poder prevenir un daño clínico asociado a toxicidad si esta exposición es mantenida. Por lo que implementar estos biomarcadores en poblaciones identificadas como de riesgo para desarrollar toxicidad por exposición a F- permite intervenir de manera oportuna con la implementación de medidas preventivas, y en su defecto correctivas, que impidan el progreso y la aparición de distintas afectaciones en la salud relacionadas con el efecto perjudicial del compuesto en el cuerpo humano.

CONCLUSIONES

Se establecen mayores niveles de F- sistémico en escolares pertenecientes a zonas de alta exposición al compuesto a través del agua para consumo humano, destacando el uso de uñas para efectuar esta cuantificación por las ventajas biológicas que presenta como biomarcador, con valores que señalan si la ingesta es adecuada o no para la salud. El empleo del biomarcador resulta ser relevante para la identificación oportuna de individuos que presentan una alta exposición a F-, y de esta manera se pueda prevenir el desarrollo de toxicidad ocasionada por elevados niveles sistémicos del compuesto. Adicionalmente, se reconoce a la edad como un factor influyente en la acumulación de F- en el cuerpo, respecto al tiempo de exposición transcurrido.

BIBLIOGRAFÍA

1. A. Rasool, A. Farooqi, T. Xiao, W. Ali, S. Noor, O. Abiola, S. Ali, W. Nasim, "A review of global outlook on fluoride contamination in groundwater with prominence on the Pakistan current situation", *Environ. Geochem. Health*, Vol. 40, 4, 2018, pp. 1265-1281.
2. T. Keesari, D. Pant, A. Roy, U.K. Sinha, A. Jaryal, M. Singh, S.K. Jain, "Fluoride Geochemistry and Exposure Risk Through Groundwater Sources in Northeastern Parts of Rajasthan, India", *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, Vol. 80, 1, 2021, pp. 294-307.
3. D. Li, X. Gao, Y. Wang, W. Luo, "Diverse mechanisms drive fluoride enrichment in groundwater in two neighboring sites in northern China", *Environ. Pollut.*, Vol. 237, 2018, pp. 430-441.
4. World Health Organization, "Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth Edition Incorporating First Addendum", WHO: Geneva, Switzerland, 2017.
5. N.R. Johnston, S.A. Strobel, "Principles of fluoride toxicity and the cellular response: a review", *Arch. Toxicol.*, Vol. 94, 4, 2020, pp. 1051-1069.
6. M. Hung, E.S. Hon, A. Mohajeri, H. Moparthi, T. Vu, J. Jeon, M.S. Lipsky, "A National Study Exploring the Association Between Fluoride Levels and Dental Fluorosis", *JAMA. Netw. Open*, Vol. 6, 6, 2023, pp. e2318406.
7. P. Grandjean, "Developmental fluoride neurotoxicity: an updated review", *Environ. Health*, Vol. 18, 1, 2019, pp. 110.
8. J.P. Pessan, M.R.A. Buzalaf, "Historical and recent biological markers of exposure to fluoride", *Monogr. Oral Sci.*, Vol. 22, 2011, pp. 52-65.
9. O.S. Idowu, R.M. Duckworth, R.A. Valentine, F.V. Zohoori, "Biomarkers for the Assessment of Fluoride Exposure in Children", *Caries Res.*, Vol. 54, 2, 2020, pp. 134-143.
10. J. Lavalle-Carrasco, N. Molina-Frecherro, M. Nevárez-Rascón, L. Sánchez-Pérez, A. Hamdan-Partida, R. González-González, D. Cassi, M.A. Isiordia-Espinoza, R. Bologna-Molina, "Recent Biomarkers for Monitoring the Systemic Fluoride Levels in Exposed Populations: A Systematic Review", *Int. J. Environ. Res. Public Health*, Vol. 18, 1, 2021, pp. 317.
11. L. Galicia Chacón, N. Molina Frecherro, A. Oropeza Oropeza, E. Gaona, L. Juárez López, "Análisis de la concentración de fluoruro en agua potable de la delegación Tláhuac, Ciudad de México", *Rev. Int. Contam. Ambient.*, Vol. 27, 4, 2011, pp. 283-289.
12. N. Molina Frecherro, L. Sánchez Pérez, E. Castañeda Castaneira, A. Oropeza Oropeza, E. Gaona, J. Salas Pacheco, R. Bologna Molina, "Drinking water fluoride levels for a city in northern Mexico (durango) determined using a direct electrochemical method and their potential effects on oral health", *ScientificWorldJournal*, Vol. 2013, 2013, pp. 186392.

13. G. M. Whitford, F. C. Sampaio, P. Arneberg, F. R. von der Fehr, "Fingernail fluoride: a method for monitoring fluoride exposure", *Caries Res.*, Vol. 33, 2, 1999, pp. 462-467.

DIFERENCIAS EN EL GROSOR DE LA CAPA DE CÉLULAS GANGLIONARES DE LA RETINA EN MUJERES CON ENFERMEDAD DE ALZHEIMER

Silvia Solís Ortiz¹, Natiely Hernández Sebastián², Bernardino Barrientos García², Melania Guadalupe Guerrero Villalpando¹, Mónica Irazú Cardona Alvarado¹, César Alonso Marín Aranda¹

¹Departamento de Ciencias Médicas, División de Ciencias de la Salud, Campus León, Universidad de Guanajuato A , ²Centro de Investigaciones en Óptica, A.C., León, Guanajuato B.
ms.solis@ugto.mx

RESUMEN

La enfermedad de Alzheimer (EA) es un trastorno neurodegenerativo que conduce al deterioro progresivo de las capacidades cognitivas y es el tipo más común de demencia. Los pacientes con EA manifiestan problemas visuales que pueden estar asociados con la degeneración de la retina, la cual puede ocurrir incluso antes del diagnóstico clínico de la EA. Particularmente, la capa de células ganglionares (CCG) es una capa de la retina que puede reflejar los cambios estructurales que suceden en el cerebro con EA, lo que la convierte en una alternativa potencial para el diagnóstico de la EA en etapas tempranas. El objetivo de este estudio fue evaluar el grosor de la CCG en mujeres con distinto grado de deterioro cognitivo. Setenta y siete mujeres entre 60 y 80 años participaron en este estudio. Las mujeres fueron clasificadas en tres grupos de acuerdo con la prueba Evaluación Cognitiva de Montreal (MoCA Test): un grupo de 28 mujeres cognitivamente sanas, un grupo de 32 con deterioro cognitivo moderado y otro grupo de 17 con deterioro cognitivo severo o probable EA. El grosor de la CCG de la retina fue medido en ambos ojos de las participantes mediante tomografía de coherencia óptica en el Laboratorio Nacional de Óptica de la Visión del Centro de Investigaciones en Óptica (CIO). El grupo de mujeres con deterioro cognitivo severo o probable EA mostró un adelgazamiento significativo en el grosor promedio del ojo derecho, así como en el grosor promedio y el grosor mínimo de la CCG de la retina del ojo izquierdo en comparación con las mujeres cognitivamente sanas y con aquellas que padecen deterioro cognitivo moderado. Estos resultados sugieren que el adelgazamiento de la CCG de la retina observado en las mujeres con probable EA puede influir en los problemas visuales y de memoria que padecen estas personas que reportan comúnmente, por lo que el estudio de esta capa retiniana podría ser de utilidad clínica para el diagnóstico temprano de EA en mujeres adultas mayores.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Alzheimer (EA) es un trastorno neurodegenerativo progresivo e irreversible caracterizado por la pérdida de memoria, de habilidades intelectuales y de razonamiento, así como por la presencia de desorientación espacio-temporal, cambios de humor y alteraciones conductuales (1, 2). La EA representa la forma más común de demencia entre las personas mayores de 65 años, siendo el envejecimiento el principal factor de riesgo para desarrollarla. De las demencias, la EA es la más común, representando entre el 60 y el 70% de todas las demencias (3). Se estima que en México aproximadamente un millón 300 mil personas viven con enfermedad de Alzheimer, cifra que representa entre 60 y 70 por ciento de los diagnósticos de demencia y afecta con mayor frecuencia a las personas mayores de 65 años. Se calcula que el número de mexicanos afectados por la EA para el 2050 alcanzará la cifra de más de 3.5 millones, por lo que el impacto en el sistema de salud será severo, por lo cual la EA es considerada un problema de salud pública (4). El deterioro de las funciones cognitivas afecta más a las mujeres adultas mayores que a los hombres, por lo que el género es un factor de riesgo para desarrollar enfermedades neurodegenerativas (5), lo cual resulta de interés en el presente estudio. La EA se diagnostica como enfermedad de Alzheimer esporádico y familiar, de acuerdo con su etiología. Ambas formas de Alzheimer poseen los mismos síntomas y poseen las mismas lesiones histopatológicas, pero difieren en la edad de inicio, la incidencia y las causas por la que aparecen (6). La EA esporádica aparece a partir de los 60-65 años y representa el 95-98% de los casos. Es de origen multifactorial y el principal factor de riesgo es la edad. Afecta

al 3-4% de personas con edades comprendidas entre los 60 y 65 años, llegando a afectar a un 40% de la población a partir de los 80 años. En los últimos años se ha desarrollado diversos biomarcadores para la detección temprana del deterioro cognitivo en la EA, entre las que se encuentra los biomarcadores oculares no invasivos y de fácil acceso y de gran utilidad en el diagnóstico.

TEORIA

Capas de las células ganglionares de la retina

En la EA se presentan cambios neuropatológicos que se desarrollan entre 15 y 20 años antes de la manifestación clínica de la enfermedad (7). El ojo es una extensión anatómica del sistema nervioso central (SNC). Las alteraciones moleculares y celulares que suceden en el cerebro debido a la EA se reflejan en el ojo, particularmente en la retina (8). La retina es el tejido nervioso fotosensible que cubre la superficie interna del ojo y está formada por múltiples capas neuronales interconectadas. Es la estructura ocular responsable del procesamiento visual que convierte la luz en imágenes tridimensionales (9). En retinas con EA se ha descubierto que existe un proceso de degeneración de la capa de células ganglionares (CCG) mediante el estudio histológico de cerebros *post mortem* que mostraron un adelgazamiento de esta capa en comparación con controles (10, 11). Las células ganglionares de la retina son neuronas de proyección que conectan la entrada de la retina con los centros de procesamiento visual en el SNC. De esta manera, procesan la información visual de otras neuronas y la transmiten al cerebro (12). Asimismo, las dendritas de las células ganglionares se ramifican hacia la capa plexiforme interna (CPI), formando un complejo que ha sido medido e investigado para ampliar el conocimiento sobre la EA (13).

Tomografía de coherencia óptica

Una técnica para evaluar con éxito el proceso de degeneración retiniana es la tomografía de coherencia óptica (OCT). La OCT se define como una herramienta que emplea luz de baja coherencia para capturar los cambios estructurales en la retina. Destaca por ser una técnica de imagen in vivo, no invasiva, sin efectos secundarios conocidos y más económico (14, 15). Esta técnica brinda imágenes bidimensionales y en tercera dimensión de la anatomía de la retina con resolución micrométrica y es una herramienta de uso común para evaluar anomalías de la retina en estudios neurológicos (16). Esta tecnología se utilizó por primera vez a principios del siglo XXI en pacientes con EA, demostrando una reducción significativa en el grosor retiniano al compararla con la de individuos sanos (17). Asimismo, se ha descrito una reducción significativa en el grosor de la CCG en pacientes con EA y en sujetos con DCL, en comparación con controles (18). Estas alteraciones estructurales en la CCG se atribuyen a los depósitos de proteína A β y de la proteína Tau en la retina. La acumulación de placas de proteína A β fue reportado por primera vez en pacientes con EA (19). La formación de placas seniles se identificó alrededor de las células ganglionares e la retina, lo que también tiene repercusión en la regulación del ritmo circadiano y el reflejo pupilar (20). También se mostró que el número de placas de A β en la retina era 2.1 veces mayor en pacientes con EA en comparación con los controles sanos (21). Sumado a la presencia de depósitos de la proteína A β , también se ha encontrado la acumulación de la proteína tau en retinas de pacientes con EA. La proteína tau hiperfosforilada se ha encontrado en la capa interna de las retinas (22). De manera particular, la distribución de la proteína tau ha quedado registrada en la capa plexiforme interna, la cual está en contacto con la CCG (23). Se ha descrito una correlación positiva con evaluaciones cognitivas con el volumen de la CCG (24), así como la reducción de esta capa de la retina en personas con EA en estudios de casos y controles (25, 26), y una asociación de la EA en una etapa avanzada con el adelgazamiento significativo de la CCG (27). Así, la literatura científica señala que la presencia de las proteínas A β y tau en la retina precedieron a su aparición en el cerebro, destacando a ambas características patológicas como potenciales biomarcadores útiles para la detección de EA (28).

Dada la utilidad de la medición las células ganglionares de la retina para el diagnóstico clínico de la EA y que no se conoce con exactitud la neurodegeneración de estas células retinianas en mujeres de nuestro medio, el objetivo del presente estudio fue analizar el grosor mínimo y promedio de las

capas de las células ganglionares de la retina en mujeres con deterioro cognitivo leve, moderado y severo en la progresión de la EA.

PARTE EXPERIMENTAL

Participantes

Se realizó un estudio de corte transversal con 79 mujeres de 60 a 80 años voluntarias diagnosticadas clínicamente con deterioro cognitivo severo, moderado y leve en la progresión de EA que viven en la ciudad de León, Guanajuato, México. Se estudiaron tres grupos con los siguientes criterios de inclusión:

Grupo 1: $n = 28$ mujeres con deterioro cognitivo leve (DCL): Mujeres en edad de 60 a 80 años de acuerdo a la evaluación con las pruebas MMSE y el MoCA Test, con nivel mínimo de escolaridad primaria, que no presentaran alguna otra patología ocular que impidiera realizar las evaluaciones de fondo de ojo y retina, con agudeza visual corregida tan pobre como 20/40, presión intraocular (PIO) < 21 mmHg, o antecedentes de PIO elevada, sin trastornos neurológicos o psiquiátricos, diabetes y/o hipertensión no controlada o el uso actual medicamento para combatir/contrarrestar la neurodegeneración.

Grupo 2: $n = 32$ mujeres con deterioro cognitivo moderado (DCM) con los mismos criterios de inclusión que el grupo 1.

Grupo 3: $n = 17$ mujeres con deterioro cognitivo severo (DCS): con los mismos criterios de inclusión que el grupo 1 y 2.

Evaluación cognitiva global

A todas las participantes se les aplicó la prueba MoCA Test (29), para la evaluar el estado cognitivo global, con una duración de 10 min. Esta prueba evalúa distintos dominios cognitivos: atención y concentración; funciones ejecutivas, memoria, lenguaje, habilidades visuoespaciales, razonamiento conceptual, cálculo y orientación. El puntaje máximo posible es de 30 puntos, considerándose normal si se encuentra entre 26-30 puntos, mientras que en el rango de 0-25 puntos, será catalogado como probable trastorno cognitivo. Para la identificación de pacientes con EA, la prueba MoCA brinda una sensibilidad del 100%, así como una especificidad del 87%. La prueba Mini Mental State Examination (MMSE) (30) fue usada para evaluar el estado de demencia y cognición global.

Evaluación ocular por tomografía de coherencia óptica

A todas las participantes se les realizó una evaluación ocular completa por un oftalmólogo certificado en el Centro de Investigación en Óptica, A.C. (CIO). Cabe mencionar que estos procedimientos son indolores y no invasivos. Para la OCT se dilató la pupila administrando gotas de Fenilefrina Hidrocloruro al 10% que es una sustancia utilizada para dilatar la pupila siempre cuidando la tolerancia y sensibilidad a ella. Para todos los procedimientos se utilizó equipo de alta calidad, confiabilidad e higiene, al término de las mediciones oculares se brindó un diagnóstico, así como recomendaciones por parte del oftalmólogo.

Análisis estadísticos

Se utilizó el paquete estadístico SPSS 25.0 para el análisis de datos. Se empleó la prueba Kolmogórov-Smirnov para valorar la normalidad de los datos. Dado que los datos presentaron una distribución no paramétrica se expresaron como mediana y rangos intercuartílicos. Se realizó el análisis Kruskal-Wallis para muestras independientes para conocer las diferencias entre los grupos. La prueba de Dunn se empleó para realizar las comparaciones post hoc. Valores de $p < 0.05$ se consideraron estadísticamente significativos.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran las características de las participantes. El análisis de Kruskal-Wallis reveló que la escolaridad, así como las puntuaciones de las pruebas del MoCA y del MMSE mostraron diferencia significativa entre los grupos. El análisis de comparaciones múltiples indicó que las mujeres del grupo con DCS tuvieron una menor cantidad de años de escolaridad al compararse con el grupo DCL ($p=0.03$). Al examinar las diferencias entre grupos de los puntos obtenidos en la prueba

de MoCA, se observó que las participantes con DCS obtuvieron los puntajes de la prueba del MoCA inferiores al realizar la comparación con los grupos DCL ($p<0.001$) y DCM ($p=0.001$). Las diferencias en el MMSE mostraron que las mujeres del grupo con DCS obtuvieron un menor puntaje en contraste con el grupo DCL ($p<0.001$), mientras que también se observó diferencia entre los grupos DCL y DCM ($p=0.007$). Estos resultados confirman el deterioro cognitivo global detectado en las mujeres en la progresión al EA, así como los años de escolaridad con un factor relacionado con el deterioro cognitivo.

Tabla 1. Características de las participantes

	DCL N= 28 Mediana (Rango)	DCM N = 32 Mediana (Rango)	DCS N = 17 Mediana (Rango)	H	p
Edad (años)	66 (60-80)	66 (60-77)	69 (60-80)	2.75	0.25
Escolaridad	12 (6-19)	9 (6-19)	9 (6-19)	6.68	0.03
MoCA test	27 (26-30)	24(22-25)	19 (2-21)	66.88	<0.001
MMSE test	29 (21-30)	27 (0-30)	25(6-30)	20.45	<0.001

DCL: Deterioro Cognitivo Leve; DCM: Deterioro Cognitivo Moderado
DCS: Deterioro Cognitivo Severo

En la Tabla 2 se muestran los resultados de las mediciones de las capas de células ganglionares de la retina de las participantes de los grupos DCL, DCM y DCS. El análisis de Kruskal-Wallis reveló que la mediana del grosor promedio en el ojo derecho fue significativamente menor ($H=6.06$, $p=0.04$) en el grupo DCS, en comparación con el grupo DCL. La mediana del grosor mínimo en el ojo derecho no fue significativa entre los grupos ($H=3.88$, $p=0.14$). La mediana del grosor promedio en el ojo izquierdo fue significativamente menor ($H=8.06$, $p=0.01$) en el grupo con DCS, en comparación con el grupo con DCM. La mediana del grosor mínimo en el ojo izquierdo fue significativamente menor ($H=7.83$, $p=0.02$) en el grupo DCS, en comparación con el grupo DCL.

Estos resultados indican que las mujeres con deterioro cognitivo severo tuvieron un adelgazamiento significativo en la capa de las células ganglionares de la retina, lo cual sugiere una neurodegeneración de estas células que podrían reflejar la neurodegeneración de las neuronas del cerebro que caracterizan a las mujeres con EA esporádico y por lo tanto el deterioro cognitivo global.

Tabla 2. Grosor de la capa de las células ganglionares de la retina.

	DCL N= 28 Mediana (Rango)	DCM N= 32 Mediana (Rango)	DCS N= 17 Mediana (Rango)	H	p
Ojo derecho					
Promedio (μm)	78.39 (62-98)	77 (32-89)	72 (36-87)	6.06	0.04
Mínimo (μm)	73.13 (59-82)	69 (22-88)	70 (12-81)	3.88	0.14
Ojo izquierdo					
Promedio (μm)	77.43 (64-96)	78.50 (23-93)	70 (41-86)	8.06	0.01
Mínimo (μm)	70.50 (29-87)	71(0.50-90)	55 (11-78)	7.83	0.02

$p<0.05$ DCL: Deterioro Cognitivo Leve; DCM: Deterioro Cognitivo Moderado
DCS: Deterioro Cognitivo Severo

CONCLUSIONES

El presente estudio demostró que las mujeres con deterioro cognitivo severo en la progresión de la EA esporádico mostraron adelgazamiento en el grosor de la capa de las células ganglionares de la retina. Las diferencias fueron observadas el grosor promedio del ojo derecho, así como los grosores

promedio y mínimo del ojo izquierdo. Investigaciones previas coinciden con nuestros resultados, señalando que existe un adelgazamiento en el grosor de la capa de las células ganglionares de la retina en personas que padecen EA. Un estudio reportó que los pacientes con EA tuvieron un menor volumen, tanto en la capa de las células ganglionares de la retina, como en la capa plexiforme interna (CPI), en comparación con retinas de individuos saludables (24). Asimismo, otro estudio encontró que el complejo de capa de células ganglionares de la retina +CPI estaba disminuido en las personas con EA al compararlos con participantes sanos emparejados por edad y sexo (25), lo que sugiere que la atrofia de la capa de las células ganglionares de la retina puede reflejar el proceso de neurodegeneración que ocurre en los cerebros afectados por EA. En otro estudio de casos y controles, se reportó de una reducción significativa en el complejo de la capa de las células ganglionares de la retina al evaluar a mujeres con EA y sin deterioro cognitivo, encontrando un resultado similar en hombres, lo que parece indicar que no existen diferencias referentes al sexo en esta capa neuronal de la retina (26). También se ha observado un adelgazamiento en el grosor retiniano más pronunciado en personas con EA avanzada, por lo que el adelgazamiento de las capas de la retina puede ser un biomarcador útil para determinar la gravedad de la enfermedad de EA y su progresión (27). En nuestro estudio resultó interesante encontrar un adelgazamiento significativo de la capa de las células ganglionares de la retina en ambos ojos, lo que sugiere que la retina puede reflejar en paralelo los cambios estructurales que ocurren en el cerebro y que la OCT puede ser una herramienta de utilidad para el diagnóstico temprano de la EA y su progresión.

FINANCIAMIENTO

Este estudio fue apoyado por la Universidad de Guanajuato CIIC 2025 No. de proyecto 180/2025 y por ApoyosLNC-2023-121 CONAHCYT.

BIBLIOGRAFÍA

1. V. J. De-Paula, M. Radanovic, B. S. Diniz, O. Forlenza, "Alzheimer's Disease", *Subcell Biochem.* Vol. 65, 2012, pp. 329-352.
2. E. Liu, Y. Zhang, J. Z. Wang, "Updates in Alzheimer's disease: from basic research to diagnosis and therapies", *Transl. Neurodegener.* Vol. 13, 1, 2024, pp. 45.
3. World Health Organization, "Dementia", 2025, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dementia>.
4. L. M. Gutiérrez-Robledo, I. Arrieta-Cruz, "Dementia in Mexico: The need for a National Alzheimer's Plan", *Gaceta Médica de México*, Vol. 15, 15, 2015, pp. 667-673.
5. C. J. Pike, "Sex and the development of Alzheimer's disease", *J. Neurosc. Res.* Vol. 95, 1-2, 2017, pp. 671-680.
6. E. Bagyinszky, Y. C. Youn, S. S. An, S. Kim, "The genetics of Alzheimer's disease", *Clin. Interv. Aging*, Vol. 9, 2014, pp. 535-551.
7. S. Kang, H. Jeong, J. H. Baek, S. H. Han, H. J. Kim, H. S. Hong, Y. H. Kim, E. C. S. W. Yi, Seo, D.L. Na, D. Hwang, I. Mook-Jung, "PiB-PET Imaging-Based Serum Proteome Profiles Predict Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease", *J.A.D.*, Vol. 53, 4, 2016, pp. 1563-1576.
8. A. London, I. Benhar, M. Schwartz, "The retina as a window to the brain-from eye research to CNS disorders", *Nat. Rev. Neur.* Vol. 9, 1, 2013, pp. 44-53.
9. V. Jindal, "Interconnection between brain and retinal neurodegenerations", *Mol. Neurobiol.* Vol. 51, 3, 2015, pp. 885-892.
10. D. R. Hinton, A. A. Sadun, J. C. Blanks, C. A. Miller, "Optic-nerve degeneration in Alzheimer's disease", *N.E.J.M.* Vol. 315, 8, 1986, pp. 485-487.
11. J. C. Blanks, Y. Torigoe, D. R. Hinton, R. Blanks, "Retinal pathology in Alzheimer's disease. I. Ganglion cell loss in foveal/parafoveal retina", *Neurobiol. Aging*, Vol. 17, 3, 1996, pp. 377-384.
12. E. A. Rossi, C. E. Granger, R. Sharma, Q. Yang, K. Saito, C. Schwarz, S. Walters, K. Nozato, J. Zhang, T. Kawakami, W. Fischer, L. R. Latchney, J. J. Hunter, M. M. Chung, D. Williams,

- "Imaging individual neurons in the retinal ganglion cell layer of the living eye", *PNAS*. Vol. 114,3, 2017, pp. 586–591.
13. C. Y. Cheung, Y. T. Ong, S. Hilal, M. K. Ikram, S. Low, Y. L. Ong, N. Venketasubramanian, P. Yap, D. Seow, C. L. Chen, T. Y. Wong, "Retinal ganglion cell analysis using high-definition optical coherence tomography in patients with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease", *JAD*, Vol. 45,1,2015, pp. 45–56.
 14. D. P. Popescu, L. P. Choo-Smith, C. Flueraru, Y. Mao, S. Chang, J. Disano, S. Sherif, M. G. Sowa, "Optical coherence tomography: fundamental principles, instrumental designs and biomedical applications", *Biophys. Rev.* Vol. 3,3, 2011, pp. 155.
 15. V. T. T. Chan, Z. Sun, S. Tang, L. J. Chen, A. Wong, C. C. Tham, T. Y. Wong, C. Chen, M. K. IkramWhitson, H. E. Lad, E. M. Mok, C. Y. Cheung, "Spectral-Domain OCT Measurements in Alzheimer's Disease: A Systematic Review and Meta-analysis", *Ophthalmology*, Vol. 126,4, 2019, pp. 497–510.
 16. R. S. Maldonado, P. Mettu, M. El-Dairi, M. Bhatti, "The application of optical coherence tomography in neurologic diseases", *Neurol. Clin. Pract.* Vol. 5,5, 2015, pp. 460–469.
 17. V. Parisi, R. Restuccia, F. Fattapposta, C. Mina, M. G. Bucci, F. Pierelli, "Morphological and functional retinal impairment in Alzheimer's disease patients", *Clin. Neurophysiol.* Vol. 112,10, 2001, pp.1860–1867.
 18. Y. Shao, H. Jiang, Y. Wei, Y. Shi, C. Shi, C. B Wright, X. Sun, E. A. Vanner, A. D. Rodriguez, B. L. Lam, T. Rundek, B. S. Baumel, G. R. Gameiro, C. Dong, J. Wang, "Visualization of Focal Thinning of the Ganglion Cell-Inner Plexiform Layer in Patients with Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease", *JAD*, Vol. 64,4, 2018, pp. 1261–1273.
 19. M. Koronyo-Hamaoui, Y. Koronyo, A. V. Ljubimov, C. A. Miller, M. K. Ko, K. L. Black, M. Schwartz, D. L. Farkas, "Identification of amyloid plaques in retinas from Alzheimer's patients and noninvasive in vivo optical imaging of retinal plaques in a mouse model", *NeuroImage*, Vol. 54, Suppl 1, 2011, pp. S204–S217.
 20. J. K. Lim, Q. X. Li, Z. He, A. J. Vingrys, V. H. Wong, N. Currier, J. Mullen, B. V. Bui, C. T. Nguyen, "The Eye as a Biomarker for Alzheimer's Disease", *Front. Neurosci.* Vol. 10, 2016, pp. 536.
 21. Y. Koronyo, D. Biggs, E. Barron, D. S. Boyer, J. A. Pearlman, W. J. Au, S. J. Kile, A. Blanco, D. T. Fuchs, D. T., Ashfaq, A., Frautschy, S., Cole, G. M., Miller, C. A., Hinton, D. R. Verdooner, S. R. Black, K. L. Koronyo-Hamaoui "Retinal amyloid pathology and proof-of-concept imaging trial in Alzheimer's disease", *JCI. Insight*, Vol. 2,16, 2017, e93621.
 22. C. Schön, N. A. Hoffmann, S. M. Ochs, S. Burgold, S. Filser, S. Steinbach, M. W. Seeliger, T. Arzberger, M. Goedert, H. A. Kretschmar, B. Schmidt, J. Herms, "Long-term in vivo imaging of fibrillar tau in the retina of P301S transgenic mice", *PloS One*, Vol.7,12, 2012, e53547.
 23. J. den Haan, L. Csinscik, T. Parker, R. W. Paterson, C. F. Slattery, A. Foulkes, F. H. Bouwman, F. D. Verbraak, P. Scheltens, T. Peto, I. Lengyel, J. M. Schott, S. J. Crutch, T. J. Shakespeare, KXX. Yong, "Retinal thickness as potential biomarker in posterior cortical atrophy and typical Alzheimer's disease", *Alzheimers Res. Ther.* Vol.11, 1, 2019, 62.
 24. R. Santangelo, S. C. Huang, M.P. Bernasconi, M. Falautano, G. Comi, G. Magnani, L. Leocani, "Neuro-Retina Might Reflect Alzheimer's Disease Stage", *JAD*, Vol. 77,4, 2020, pp. 1455–1468.
 25. Z. Farzinvas, M. Abutorabi-Zarchi, M. Manaviat, H. Zare Mehrjerdi, "Retinal Ganglion Cell Complex in Alzheimer Disease: Comparing Ganglion Cell Complex and Central Macular Thickness in Alzheimer Disease and Healthy Subjects Using Spectral Domain-Optical Coherence Tomography", *B. Clin. Neurosci.* Vol. 13,5, 2022, pp. 675–684.
 26. D. Mirzania, A. C. Thompson, C. B. Robbins, S. Soundararajan, J. M. Lee, R. Agrawal, A. J. Liu, K. G. Johnson, D. S. Grewal. S. Fekrat, "Retinal and Choroidal Changes in Men Compared with Women with Alzheimer's Disease: A Case-Control Study", *Ophthalmol. Sci.* Vol. 2, 1, 2021, pp. 100098.
 27. C. C. Kao, H. M. Hsieh, Y. C. Chang, H. C. Chu, Y. H. Yang, S. J. Sheu, "Optical Coherence Tomography Assessment of Macular Thickness in Alzheimer's Dementia with Different Neuropsychological Severities", *J. Pers. Med.* Vol. 13,7, 2023, pp. 1118.

28. J. Zhang, L. Shi, Y. Shen, "The retina: A window in which to view the pathogenesis of Alzheimer's disease", *Ageing Res. Rev.* Vol. 77, 2022, pp.101590.
29. Z. S. Nasreddine, N. A. Phillips, V. Bédirian, S. Charbonneau, V. Whitehead, I. Collin, J. L. Cummings, H. Chertkow, "The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment", *J. Am. Geriatr. Soc.* Vol. 53, 4, 2005, pp. 695–699.
30. M. F. Folstein, S. E. Folstein, P. R. McHugh, "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician", *J. Psychiatric Res.* Vol. 12,3, 1975, pp. 189–198.

ARTRITIS REUMATOIDE Y LA INTERVENCIÓN DEL FISIOTERAPEUTA

Ríos Chávez, Verónica Jazmín¹; Orozco-Montes, Francisco Manuel².

Universidad Monter^{1,2}
vjazminrch@gmail.com

RESUMEN

La artritis reumatoide es una enfermedad autoinmune crónica que afecta las articulaciones, causando dolor, inflamación y rigidez. Su impacto en la calidad de vida de los pacientes puede ser significativo, y la fisioterapia juega un papel clave en su manejo al mejorar la movilidad y reducir el dolor. A pesar de la evidencia que respalda su eficacia, la adherencia a este tratamiento varía ampliamente entre los pacientes. Para conocer mejor la relación entre la artritis reumatoide y la fisioterapia, se llevó a cabo una encuesta dirigida a personas diagnosticadas con esta enfermedad. La muestra incluyó adultos mayores, mujeres entre 51 y 70 años, con diagnóstico de 10 años de diagnóstico en la mayoría de los casos. Se recopiló información sobre la frecuencia con la que acceden a fisioterapia, las técnicas utilizadas y su percepción sobre la efectividad del tratamiento. Los resultados indicaron que algunos pacientes encuestados no han recibido fisioterapia o han tenido una experiencia mínima con ella. Los pacientes que indican recibir tratamientos de fisioterapia, la técnica utilizada con mayor frecuencia es la hidroterapia. Sin embargo, la asistencia a sesiones de fisioterapia es baja. De los participantes que reciben terapia física, reportan reducción del dolor y mejoría en la movilidad. Se reporta una reducción del uso de analgésicos o antiinflamatorios en participantes que recibieron tratamiento de fisioterapia. El análisis de los resultados sugiere que la baja participación en fisioterapia puede deberse a diversas barreras, como la falta de información, recursos o disponibilidad de servicios. Esto resalta la necesidad de estrategias para aumentar la accesibilidad a estos tratamientos. La educación y concienciación sobre los beneficios de la fisioterapia es fundamental para que los pacientes la consideren una opción viable en su tratamiento. Además, mejorar la accesibilidad y reducción de costos puede contribuir a una mayor participación en fisioterapia. La promoción de convenios con centros de salud, la recomendación médica activa y la implementación de programas de ejercicios guiados en línea o sesiones domiciliarias pueden facilitar el acceso a estos tratamientos. Es esencial que los profesionales de la salud incluyan la fisioterapia como una recomendación estándar en el tratamiento de la artritis reumatoide. También, fomentar la creación de grupos de apoyo y el seguimiento de los pacientes puede contribuir a una mayor adherencia. La motivación y la educación son claves para que más personas con esta enfermedad se beneficien de la fisioterapia y logren mejorar su calidad de vida. En conclusión, aunque la fisioterapia es una herramienta valiosa en el manejo de la artritis reumatoide presenta baja implementación en la población encuestada y demuestra la necesidad de mejorar el acceso, la información y la concienciación sobre su importancia. Mediante la promoción de estrategias que faciliten su uso, se podría lograr que más pacientes se beneficien de este tratamiento y mejoren su funcionalidad y bienestar general, creando un mejor apego a la terapia.

INTRODUCCIÓN

La artritis reumatoide (AR) es una condición autoinmune crónica caracterizada por inflamación sistémica que afecta principalmente las articulaciones periféricas de manera bilateral (Díaz-González & Hernández-Hernández, 2023). La prevalencia de AR es mayor en hombres que en mujeres debido al papel de las hormonas sexuales y sus factores genéticos (Hernández et al., 2023). Esta patología no solo afecta la complejidad clínica, sino también el problema social y laboral (Román Nieto, 2020). La intervención fisioterapéutica tiene principalmente un enfoque más centrado en el uso de inmunosupresores y este debe tener un tratamiento más integral, se debe incluir la rehabilitación física como un componente esencial (Yagual Balón, 2024). El presente proyecto pretende contribuir a mostrar la importancia de la intervención de la fisioterapia como parte fundamental del tratamiento de la artritis reumatoide (Pucha Aguinsaca et al., 2023).

TEORÍA

Generalidades Artritis reumatoide

La artritis reumatoide (AR) es una condición autoinmune crónica caracterizada por inflamación sistémica que afecta principalmente las articulaciones periféricas de manera bilateral (Díaz-González & Hernández-Hernández, 2023). La activación del sistema inmunológico provoca una secreción desregulada de citocinas proinflamatorias, en ausencia de un tratamiento adecuado, esta patología puede progresar hacia una discapacidad grave en la mayoría de los pacientes (Guagnano et al., 2021). La principal manifestación clínica es la poliartritis, el enfoque terapéutico actual se basa en el uso de fármacos, con el objetivo de alcanzar la remisión o una baja actividad de la enfermedad, sin embargo un número considerable de pacientes continúa experimentando síntomas como dolor persistente, fatiga y deterioro funcional (Walrabenstein et al., 2023).

Impacto de la artritis reumatoide en la calidad de vida

La AR tiene un efecto profundo sobre la calidad de vida de quienes la padecen, al comprometer la capacidad funcional, bienestar psicológico y social, por la presencia de dolor articular crónico, rigidez matutina prolongada y fatiga persistente, dificultando el cumplimiento de actividades básicas (caminar, vestirse o trabajar) (Roodenrijs et al., 2021). Esta pérdida de funcionalidad puede llevar con el tiempo a la discapacidad, el aislamiento social y el deterioro de la independencia personal, especialmente en pacientes de edad avanzada o con enfermedad prolongada.

El impacto emocional de la AR también es considerable, estudios recientes demuestran una fuerte asociación entre la AR y la presencia de trastornos del estado de ánimo (ansiedad y depresión) (Matcham et al. 2022). Mostrando el desarrollo síntomas depresivos clínicamente significativos en el 30 al 40 % de los pacientes con AR, reduciendo la adherencia al tratamiento y complicando el pronóstico, a lo anterior provoca limitaciones sociales y laborales que generan altos niveles de estrés crónico (Ferraz-Amaro et al., 2023).

El dolor constante y la rigidez articular afectan la esfera social, comenzando por la reducción en la participación en actividades recreativas y laborales, limitando el contacto interpersonal. Esto puede traducirse en aislamiento, pérdida de roles sociales y baja autoestima. Según el estudio de Salaffi et al. (2020), los pacientes con AR presentan niveles significativamente reducidos de calidad de vida en comparación con la población general, medido mediante el índice EQ-5D y cuestionarios específicos de salud funcional resaltando la necesidad de un abordaje integral, centrado no solo en el control farmacológico, sino también en el apoyo emocional y funcional a largo plazo.

Objetivos de la fisioterapia en pacientes con artritis reumatoide

La fisioterapia tiene como propósito principal mejorar la calidad de vida de las personas con AR a través de la recuperación y mantenimiento de la funcionalidad física. Uno de sus objetivos más relevantes es el control del dolor mediante técnicas físicas y ejercicios personalizados que modulen la inflamación, relajen la musculatura y estimulen la circulación (Masiero et al., 2021). Al reducir el dolor, se facilita la movilidad y se promueve una mayor participación en las actividades cotidianas del paciente.

Otro objetivo fundamental es preservar o mejorar el rango de movimiento articular, evitando la rigidez y el desarrollo de contracturas. Esto se logra mediante programas de movilidad activa, estiramientos y técnicas de terapia manual (Ellegaard et al., 2020). Asimismo, la fisioterapia busca fortalecer la musculatura periarticular para estabilizar las articulaciones y reducir el riesgo de luxaciones o daño estructural. Esta estrategia de fortalecimiento es especialmente útil en fases de remisión o baja actividad de la enfermedad (Geri et al., 2023).

Además, la fisioterapia tiene un componente educativo esencial. Enseñar al paciente técnicas de protección articular, ergonomía y conservación de energía no solo previene lesiones, sino que también mejora la autogestión de la enfermedad (Fernández-Ávila et al., 2022). En conjunto, estos

objetivos se articulan dentro de un plan terapéutico individualizado que considera el estado clínico del paciente, sus comorbilidades, su entorno psicosocial y sus metas personales.

Técnicas fisioterapéuticas utilizadas en el tratamiento

El tratamiento fisioterapéutico de la AR comprende una variedad de técnicas adaptadas al estado clínico de cada paciente. El ejercicio terapéutico es la intervención más estudiada y respaldada en la literatura científica reciente. Este incluye programas de movilidad articular, fortalecimiento progresivo, ejercicios aeróbicos de bajo impacto y entrenamiento funcional (Lemmey et al., 2020). Los programas deben ser personalizados y progresivos para evitar exacerbaciones de la enfermedad y maximizar los beneficios a largo plazo (Sveaas et al., 2022).

Además, técnicas pasivas como la terapia manual (movilizaciones suaves y estiramientos asistidos) han demostrado utilidad en el alivio del dolor y la mejora del rango de movimiento (Masiero et al., 2021). La electroterapia, particularmente la estimulación eléctrica transcutánea (TENS), es ampliamente utilizada como coadyuvante para el manejo del dolor crónico, especialmente en pacientes que no toleran altas dosis de fármacos analgésicos (Ellegaard et al., 2020).

La termoterapia y la crioterapia también forman parte de los protocolos fisioterapéuticos. El calor superficial se utiliza para relajar los tejidos blandos y mejorar la vascularización, mientras que el frío se emplea para reducir la inflamación en fases activas de la enfermedad (Geri et al., 2023). La hidroterapia, por su parte, es especialmente útil en personas con dolor severo, debido al efecto del agua para reducir el impacto articular y permitir una movilidad más cómoda (Barnes et al., 2021). Todas estas técnicas se integran dentro de un programa integral de rehabilitación, que puede incluir también intervenciones educativas y sesiones domiciliarias o virtuales para fomentar la continuidad del tratamiento.

Adherencia al tratamiento fisioterapéutico

La adherencia al tratamiento fisioterapéutico en pacientes con AR es un factor clave para el éxito clínico, también representa un gran reto. La baja participación puede deberse a múltiples factores, como la percepción de escasos beneficios, barreras físicas o económicas, y falta de apoyo social (Milner et al., 2021). En algunos casos, el dolor y la fatiga dificultan la continuidad de los ejercicios, mientras que, en otros, la falta de información limita el compromiso del paciente.

Para mejorar la adherencia, es fundamental establecer una comunicación efectiva entre el fisioterapeuta y el paciente, fijar objetivos realistas y adaptar el plan terapéutico a las capacidades individuales (Ferraz-Amaro et al., 2023). El uso de tecnologías, como aplicaciones móviles o plataformas digitales de ejercicio, ha mostrado buenos resultados como herramientas de seguimiento y motivación (Jochimsen et al., 2022). Estas intervenciones también permiten superar barreras geográficas o de movilidad, ampliando el acceso al tratamiento.

Asimismo, el acompañamiento de familiares y cuidadores tiene un efecto positivo en la adherencia, al proporcionar apoyo emocional y logístico (Fernández-Ávila et al., 2022). Finalmente, la implementación de programas grupales o de soporte entre pares ha demostrado ser eficaz para aumentar la motivación y reducir el abandono. Todo esto resalta la importancia de una estrategia multidisciplinaria que no solo contemple el componente técnico del tratamiento, sino también los aspectos psicosociales que afectan la continuidad terapéutica.

PARTE EXPERIMENTAL

Se realizó la aplicación de un instrumento en el mes de marzo del 2025 para evaluar la intervención fisioterapéutica en pacientes diagnosticados con artritis reumatoide, el instrumento se compone de 13 preguntas exploratorias. Previo a la aplicación se realizaron tres tipos de validación. La primera validación fue por expertos del área de fisioterapia, los cuales realizaron observaciones y propuestas para enfocar los reactivos al área de fisioterapia. Como segunda validación se realizó una prueba piloto a un grupo de aproximadamente 20 participantes. Por último, se realizó validación de

confiabilidad Alfa de Conbrach, resultando de 0.96. Todo lo anterior indica alta fiabilidad del instrumento aplicado. Posteriormente se realizó la aplicación a la población objetivo.

Al analizar los resultados se obtuvo lo siguientes datos: del total de personas encuestadas, la edad promedio fue de 62.7 ± 8.7 años. El 75% de las personas reporto tener un diagnóstico de artritis reumatoide con una duración mayor a 10 años, mientras que el 25% indico que su diagnóstico tiene entre 1 y 5 años (Gráfico 1). Así mismo, el 75% de los participantes afirmo que, gracias a la intervención fisioterapéutica, han logrado reducir el uso de antiinflamatorios y analgésicos (Gráfico 2). El 25% no siguió adecuadamente o cancelo el tratamiento fisioterapéutico. El 75% de las personas reporta una disminución del dolor por la intervención (Gráfico 3). Al cuestionar si la fisioterapia es fundamental para el manejo de AR, el 75% de la población aseguro que es importante tener un manejo esencial junto con la fisioterapia (Gráfico 4)

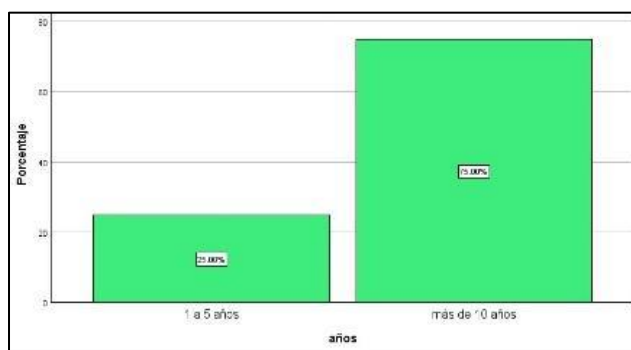
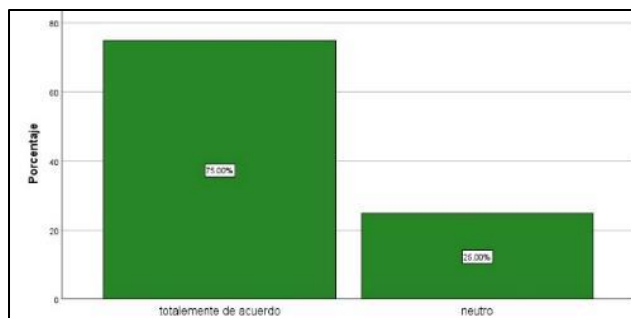
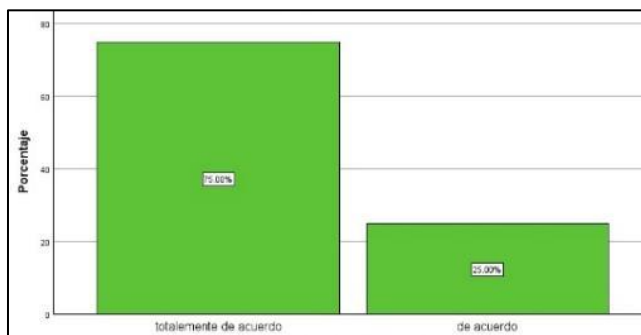


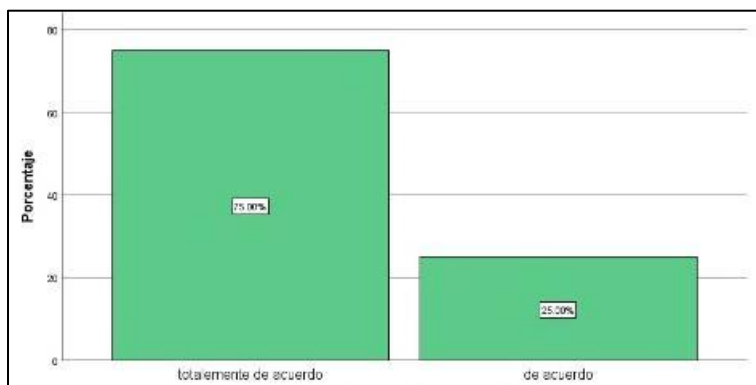
Gráfico 1. Presencia de artritis reumatoide por mas de 10 años



Gráfica 2. Reducción del uso de AINES por intervencion fisioterapeutica.



Gráfica 3. Reducción del dolor por tratamiento fisioterapéutico



Grafica 4. La fisioterapia es fundamental para el manejo de la AR

Los pacientes reportaron sesiones tres veces por semana, con una duración promedio de 45 minutos. En su seguimiento el protocolo incluyó ejercicios de movilidad articular, fortalecimiento muscular progresivo, educación postural y técnicas de relajación. Cada intervención estaba adaptada a las capacidades individuales de los pacientes, y se les aplicó escalas de valoración antes y después del periodo terapéutico para evaluar la evolución clínica. Las escalas que se utilizaron principalmente fueron la Escala de visual análoga (EVA) para el dolor, el Health Assessment Questionnaire (HAQ) para evaluar la funcionalidad y un instrumento de valoración del tratamiento.

El protocolo del tratamiento fue de tres semanas con pacientes que ya habían asistido a rehabilitación y a pacientes que no, se dio una sesión de inicio con todos de la siguiente manera.

Semana 1. Fase de protección, analgesia y conservación articular.

El objetivo principalmente fue disminuir el dolor e inflamación, prevenir deformidades y mantener el rango articular funcional básico.

Técnicas y ejercicios	
Aplicación de calor superficial suave.	Entre 10-15 minutos antes de los ejercicios.
Movilizaciones pasivas y activo-asistidas suaves. 2-3 veces al día.	Flexo-extensión de dedos y muñecas, 3x10 repeticiones. Círculos suaves de tobillos y muñecas, 3x10 repeticiones. Flexión de rodillas y caderas en supino, 2x10 repeticiones.
Ejercicios de deslizamiento tendinoso (Manos)	Puño recto, puño completo, garra, 3x10 repeticiones.
Contracciones isométricas articulares (Sin dolor)	Isométrica de cuádriceps en extensión, 5x10 segundos. Isométrica de hombros contra la pared, 3x10 segundos.
Educación postural y ergonomía articular	Como levantarse, sostener objetos, abrir puertas sin forzar articulaciones.
Nota: Evitar ejercicios en picos inflamatorios intensos, tener una supervisión constante. Enfatizar el reposo activo y el uso de férulas si hay deformidades.	

Semana 2. Fase de movilidad activa y estabilidad articular.

En la segunda semana el objetivo principal fue recuperar la movilidad activa sin dolor, mejorar la estabilidad articular y reducir su rigidez matutina.

Técnicas y ejercicios	
Estiramientos suaves activos y activo-asistidos.	Estiramientos de muñeca y dedos con ayuda, 3x20 segundos. Auto estiramientos de cuádriceps e isquiotibiales, 3x30 segundos.
Movilidad activa con bajo impacto.	Caminata en línea recta o cinta sin inclinación, 10-15min. Bicicleta estática sin resistencia, 10min. Ejercicios en el agua (si se dispone): Marcha en piscina, movilidad de brazos.
Fortalecimiento isométrico y activo leve.	Elevación activa de hombros sin peso, 2x10 repeticiones. Abducción de cadera en decúbito lateral, 3x10 repeticiones. Presión suave con pelota de esponja (Manos), 3x10 repeticiones.
Nota: Se introduce trabajo postural más dinámico y ejercicios de control motor. Se tiene que aumentar la tolerancia al esfuerzo y se tiene que iniciar un trabajo leve con bandas elásticas (nivel 0-1) si no hay dolor.	

Semana 3. Fase de fortalecimiento y funcionalidad.

En esta tercera semana el objetivo fue fortalecer la musculatura periarticular, mejorar la coordinación y fomentar la independencia funcional.

Técnicas y ejercicios	
Ejercicios de resistencia progresiva (ligeros)	Banda elástica nivel 1 para hombro y codo, 3x10 repeticiones. Elevaciones de talones y punteras de pie, 3x15 repeticiones. Sentadillas asistidas parciales, 3x10 repeticiones.
Ejercicios de coordinación y propiocepción.	Caminata sobre línea, paso por conos, 3 vueltas. Ejercicios con pelota de terapia (Pasar, lanzar, rodar).
Entrenamiento funcional personalizado.	Simulación de actividades cotidianas: abrir frascos, subir escalones, usar cubiertos.
Ejercicios respiratorios y relajación muscular.	Respiración diafragmática, 5min. Relajación progresiva post-sesión.
Nota: Se prioriza principalmente el retorno gradual a la actividad diaria, esto es clave para adaptar cada ejercicio según la tolerancia. Se observa ya mejoras en movilidad, ánimo y autonomía.	

RESULTADOS

Durante el periodo de intervención fisioterapéutica, que se tuvo en una duración de tres a cuatro meses, se trabajo con un grupo de pacientes diagnosticados con AR, el objetivo fue evaluar el impacto del tratamiento fisioterapéutico estructurado y constante sobre variables clave como el dolor, la movilidad funcional, el uso de fármacos y la percepción emocional de los pacientes.

Se aplicaron herramientas de medición antes y después del proceso terapéutico los resultados fueron preliminares mostraron una mejoría significativa en la mayoría de los participantes, en la escala de EVA, hubo un 75% de los pacientes reportaron una reducción del dolor entre 2 y 3 puntos tras la intervención, el cuestionario HAQ revelo una mejoría funcional leve moderada en tareas como vestirse y asearse, además todos los pacientes reportan sentirse más seguros al realizar movimientos básicos y expresaron una percepción positiva respecto al tratamiento recibido. En términos de la adherencia se obtuvo una participación estable a lo largo de los meses. Las sesiones

se realizaron tres veces por semana con una duración promedio de 45 minutos, siguiendo un protocolo progresivo adaptado a las capacidades individuales de cada paciente al programa fue superior al 25% con solo dos pacientes que interrumpieron temporalmente las sesiones por razones no relacionadas con la enfermedad. Los pacientes expresaron sentirse “más útiles”, “menos dependientes” y “con más ánimo”, lo cual refleja una mejoría también en el aspecto emocional y motivacional. Estas observaciones apoyan la hipótesis de que la intervención fisioterapéutica, cuando es constante y personalizada, esta puede generar beneficios significativos, incluso en periodos relativamente cortos.

CONCLUSIÓN

La intervención fisioterapéutica aplicada durante un periodo de tres a cuatro meses en pacientes con diagnóstico de artritis reumatoide, evidencio resultados positivos tanto en el aspecto físico como en el emocional y funcional de los pacientes. Aunque en este documento se presenta de forma ejemplificada un protocolo estructurado de tres semanas, que dichas tablas reflejan solo una parte del abordaje integral que se desarrolló a lo largo de varios meses, en los que se adaptaron progresivamente las técnicas y ejercicios según la evolución de cada paciente. Los resultados obtenidos a través de instrumentos como la escala de EVA y el cuestionario de HAQ demostraron una disminución considerable del dolor y una mejora funcional de actividades básicas, se observó una reducción en el consumo de analgésicos en la mayoría de los participantes y una mayor percepción de autonomía, seguridad y ánimo. Estos efectos se fortalecieron gracias a la constancia del tratamiento y a la personalización de las sesiones según la tolerancia, capacidades y progreso de cada individuo, esta experiencia práctica refuerza la importancia de incluir la fisioterapia de forma estructurada y permanente dentro del tratamiento multidisciplinario de la artritis reumatoide.

Agradecimientos

Agradecemos a Universidad Monter por el apoyo brindado durante el desarrollo de este proyecto. La orientación, los recursos y el acompañamiento académico han sido fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos.

También quiero dedicar un agradecimiento muy especial a mi familia y a mis amigos por su amor, paciencia y palabras de aliento fueron mi fuerza en los momentos más difíciles. Gracias por estar, por escucharme, por impulsarme a seguir y por celebrar cada pequeño avance conmigo.

Este logro no es solo mío, sino de todos los que caminaron a mi lado. ¡Gracias de corazón!

BIBLIOGRAFÍA

1. Barnes, J., Harris, E., & McCabe, C. (2021). Economic evaluation of physiotherapy interventions for musculoskeletal conditions: a systematic review. *Physiotherapy*, 111, 4–14. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2020.11.005>
2. Díaz-González, F., & Hernández-Hernández, M. V. (2023). Rheumatoid arthritis. *Medicina Clinica*, 161(12), 533–542. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2023.07.014>
3. Ellegaard, K., Christensen, R., Moselund, A. L., & Danneskiold-Samsøe, B. (2020). Exercise therapy in rheumatoid arthritis: a systematic review of randomized controlled trials. *Scandinavian Journal of Rheumatology*, 49(3), 170–182. <https://doi.org/10.1080/03009742.2019.1665892>
4. Ferraz-Amaro, I., Delgado-Frías, E., & Manrique-Arija, S. (2023). Personalized physical therapy strategies in inflammatory arthritis: current evidence and clinical implications. *Frontiers in Medicine*, 10, 1200453. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1200453>
5. Fernández-Ávila, D. G., López-Díaz, J. E., & García-Salazar, M. F. (2022). Barreras en la implementación de programas de fisioterapia reumatológica en sistemas públicos de salud: una revisión narrativa. *Revista Colombiana de Reumatología*, 29(3), 143–149. <https://doi.org/10.24875/RCRU.22000050>
6. Geri, T., Masiero, S., Pigatto, M., & Frizziero, A. (2023). Efficacy of combined aerobic and resistance exercise programs in rheumatoid arthritis: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 37(1), 25–35. <https://doi.org/10.1177/02692155221116227>

7. Guagnano, M. T., D'Angelo, C., Caniglia, D., Di Giovanni, P., Celletti, E., Sabatini, E., Speranza, L., Bucci, M., Cipollone, F., & Paganelli, R. (2021). Improvement of inflammation and pain after three months' exclusion diet in rheumatoid arthritis patients. *Nutrients*, 13(10), 3535. <https://doi.org/10.3390/nu13103535>
- Jochimsen, K. N., Lee, J., & Heintzman, J. (2022). Digital interventions to improve adherence to home-based physical therapy in chronic rheumatic conditions: a systematic review. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, 9(3), e32201. <https://doi.org/10.2196/32201>
8. Lemmey, A. B., Williams, S. L., Marcora, S. M., Jones, J., Maddison, P. J., & Thom, J. M. (2020). Are the benefits of exercise in patients with rheumatoid arthritis dependent on exercise dose? A pilot study. *Clinical Rehabilitation*, 34(2), 227–236. <https://doi.org/10.1177/0269215519883514>
9. Masiero, S., Maccarone, M. C., Bonaldo, L., Pigatto, M., & Ramonda, R. (2021). Role of rehabilitation in rheumatic diseases. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 35(1), 101670. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2020.101670>
10. Matcham, F., Galloway, J., Hotopf, M., & Norton, S. (2022). Mental health and rheumatoid arthritis: towards a comprehensive understanding. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 36(1), 101716. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2021.101716>
11. Milner, C. E., Leese, J., Heintzman, J., & Lee, J. (2021). Factors associated with adherence to home exercise programs among patients with chronic musculoskeletal conditions: A systematic review. *Physiotherapy Theory and Practice*, 37(9), 963–979. <https://doi.org/10.1080/09593985.2019.1686125>
12. Nórdén, K. R., Semb, A. G., Dagfinrud, H., Hisdal, J., Sexton, J., Fongen, C., Bakke, E., Ødegård, S., Skandsen, J., Blanck, T., Metsios, G. S., & Tveter, A. T. (2024). Effect of high-intensity interval training in physiotherapy primary care for patients with inflammatory arthritis: the ExeHeart randomised controlled trial. *RMD Open*, 10(1). <https://doi.org/10.1136/rmdopen-2023-003440>
13. Roodenrys, N. M. T., van der Goes, M. C., Welsing, P. M. J., Tekstra, J., Lafeber, F. P. J. G., & Jacobs, J. W. G. (2021). Difficult-to-treat rheumatoid arthritis: contributing factors and burden of disease. *Rheumatology*, 60(8), 3778–3788. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/keaa915>
14. Salaffi, F., De Angelis, R., Stancati, A., & Grassi, W. (2020). Health-related quality of life in patients with rheumatoid arthritis: assessment by a disease-specific questionnaire and a generic instrument. *Clinical and Experimental Rheumatology*, 38(2), 193–201. <https://doi.org/10.55563/clinexprheumatol2020>
15. Walraabenstein, W., Wagenaar, C. A., van der Leeden, M., Turkstra, F., Twisk, J. W. R., Boers, M., van Middendorp, H., Weijs, P. J. M., & van Schaardenburg, D. (2023). A multidisciplinary lifestyle program for rheumatoid arthritis: the “Plants for Joints” randomized controlled trial. *Rheumatology (Oxford, England)*, 62(8), 2683–2691. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/keac693>

AISLAMIENTO DE BACTERIÓFAGOS ESPECÍFICOS CONTRA CEPAS DE *Acinetobacter Baumannii* MULTIRRESISTENTE A ANTIBIÓTICOS, AISLADAS DE PACIENTES Y ENTORNOS HOSPITALARIOS EN MORELIA, MICHOACÁN

Aranza Zerpa González¹, Adrián Gómez Baltazar², Gerardo Vázquez Marrufo¹ y Ma. Soledad Vázquez Garcidueñas¹

1. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2. Universidad Autónoma de Querétaro
soledad.vazquez@umich.mx

RESUMEN

Acinetobacter baumannii es un patógeno oportunista de alta relevancia clínica, responsable de neumonías, infecciones en tejidos blandos, meningitis y bacteriemias, especialmente en pacientes inmunodeprimidos en Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) y Urgencias (UX). Su capacidad para desarrollar resistencia a múltiples antibióticos lo ha posicionado como una de las principales amenazas hospitalarias. La Organización Mundial de la Salud (OMS) lo incluyó en el grupo ESKAPE y lo catalogó como prioridad crítica por su resistencia a carbapenémicos y polimixinas, limitando las opciones terapéuticas. En México, representa el cuarto patógeno más frecuente en infecciones nosocomiales y causa el 92% de las bacteriemias asociadas a ventilación mecánica. Ante este panorama, los bacteriófagos han resurgido como alternativa prometedora frente a bacterias multirresistentes. Estos virus bacterianos lisan bacterias resistentes sin afectar la microbiota, gracias a su inocuidad y especificidad. El objetivo de este estudio fue aislar fagos específicos contra *A. baumannii* multidrogorresistente (MDR) a partir de muestras ambientales. Se recolectaron 2 L de agua de río a ~100 cm de profundidad (19°42'45.3"N 101°11'38.5"W – septiembre 2024). Las muestras se filtraron y centrifugaron para eliminar sedimentos y bacterias ambientales, luego se enriquecieron con la cepa hospedera, *A. baumannii* ACIN043 y se realizaron ensayos de Agar de Doble Capa (ADC) para el aislamiento de fagos. Se obtuvieron seis fagos con placas líticas de distintos tamaños (0.5, 1, 2, 3, 4 y 5 mm), lo que sugiere variabilidad en su capacidad infectiva. La identificación y caracterización de estos fagos es clave para evaluar su potencial terapéutico contra infecciones por *A. baumannii* MDR, reforzando la importancia del aislamiento de fagos en ambientes naturales como recurso para estrategias de biocontrol y terapias personalizadas.

INTRODUCCIÓN

Acinetobacter baumannii es una bacteria Gram-negativa, Multi-Drogo Resistente (MDR) que causa infecciones nosocomiales, particularmente en pacientes inmunocomprometidos con catéteres venosos centrales y en pacientes de la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), además, se asocia con elevados índices de mortalidad tanto en estancias hospitalarias cortas como prolongadas [1, 2]. *A. baumannii* provoca infecciones en el tracto respiratorio, particularmente en neumonías asociadas a ventilador, infecciones de heridas cutáneas, bacteriemias y también se han documentado casos de meningitis [3]. Uno de los mayores factores de riesgo para adquirir una infección por *A. baumannii* MDR es el uso previo de antibióticos, seguido de ventilación mecánica, estancias hospitalarias prolongadas, la severidad de la enfermedad y finalmente, el uso de dispositivos médicos, este último factor se debe principalmente a la capacidad de formación de biofilm que posee la bacteria [3, 4]. El tratamiento hacia infecciones causadas por *A. baumannii* incluye antibióticos como β -lactámicos, carbapenémicos e incluso polimixinas, aunque el esquema por elección consiste en carbapenémicos (imipen y meropenem) [4]. Sin embargo, en los últimos años se ha observado un incremento de cepas de dicha bacteria resistentes a carbapenémicos y polimixinas [2]. Esto es alarmante, ya que cepas de *A. baumannii* resistentes a carbapenémicos (CR-Ab), suelen presentar resistencia a antibióticos comúnmente utilizados, por lo que estas cepas incrementan la mortalidad en pacientes infectados, particularmente en pacientes de estancias prolongadas y estadias en la UCI [5].

La resistencia a los antibióticos ha tomado protagonismo en la última década y es considerada como una de las problemáticas de mayor relevancia en este siglo y es un problema de acción urgente [6].

La resistencia a los antibióticos puede presentarse por la bacteria de manera intrínseca, adquirida o adaptativa, por lo que la bacteria presenta o desarrolla la habilidad de evadir los mecanismos por los cuales estos fármacos actúan contra las bacterias [7]. Esta problemática se asocia al uso desmesurado y erróneo de los antibióticos en humanos, animales, en sectores agronómicos, agropecuarios y la industria [8]. Las cifras en Estados Unidos de América, es de aproximadamente 2 millones de personas infectadas por bacterias resistentes a antibióticos, a nivel global se reportaron 1.2 millones defunciones en el año del 2019 y se estima que la cifra aumentará a 10 millones de muertes al año para el 2050 si no se tienen alternativas a la problemática de la resistencia a los antibióticos [9, 10, 11]. Ante la emergente problemática, la Organización Mundial de la Salud (OMS) categorizó a bacterias de acuerdo con qué tan crítica es la resistencia a los antibióticos que presentan, catalogando a *A. baumannii* como un patógeno de relevancia prioritaria, localizado dentro del grupo crítico con nivel de prioridad 1 [9].

A. baumannii presenta resistencia a β -lactámicos, quinolonas, polimixinas, cefalosporinas, entre otros, a través de mecanismo intrínsecos, como bombas de eflujo aumentadas y la disminución de proteínas de membrana externa (OMPs). La resistencia a los antibióticos en *A. baumannii* se puede clasificar de acuerdo con el espectro de resistencia que presentan, encontrando cepas XDR (amplia o extensamente drogo resistentes) y PDR (pan-drogo resistentes) [4]. *A. baumannii* presenta diversos mecanismos de resistencia ante antibióticos que van desde los aminoglucósidos, carbapenémicos, fluoroquinolonas, cefalosporinas, rifampicinas, tetraciclinas y polimixinas [2, 4]. Uno de los mecanismos en *A. baumannii* hacia aminoglucósidos es la producción de una metiltransferasa ribosomal de 16S; ArmA, por lo que las cepas que producen ArmA son sumamente resistentes a gentamicina, amikacina y tobramicina. La resistencia a cefalosporinas es llevada a cabo por la síntesis de cefalosporinasas, denominadas en *Acinetobacter* ADC (Cefalosporinas Derivadas de *Acinetobacter*). *A. baumannii* presenta resistencia a los carbapenémicos por mecanismos en el que se inhibe la expresión de la PBP-2 (proteína de unión a la penicilina) y mediante la síntesis de β -lactamasas resistentes a carbapenémicos (OXA-type) [5, 13]. La resistencia a polimixinas, antibióticos empleados como último recurso en el tratamiento de cepas XDR, es llevado a cabo por modificaciones de los lipopolisacáridos (LPS) y el lípido A mediante la adición de residuos fosfoetanolaminos al lípido A, lo que altera las cargas negativas y disminuye la afinidad de los LPS a las polimixinas, también puede generar la pérdida total del LPS inicial y remodelar la membrana externa por mutaciones puntuales en los genes *pmrA* y *pmrB* [14, 15].

Ante el creciente número de especies bacterianas resistentes a antibióticos se han implementado acciones sobre su regulación, administración y empleo, así como el desarrollo urgente de alternativas a estos fármacos [9]. Ante este panorama, el uso de bacteriófagos ha tomado importancia y se ha comenzado a estudiar la aplicación de estos en sectores industriales, agrícolas y hospitalarios [4].

Los bacteriófagos o fagos, son virus que infectan específicamente a bacterias, la mayoría de los fagos presentan dsADN, aunque también se reportan con ssADN, ssARN y dsARN [16]. Los fagos son las entidades más ubicuas en la naturaleza, se encuentran desde el microbioma humano hasta en el subsuelo oceánico y son responsables del 20 al 40% de la mortalidad bacteriana [17, 18]. El tamaño de los fagos se reporta entre los 20 y 400 nm, además, presentan una cápside que alberga el material genético, esta estructura puede ser filamentosa (*Inoviridae*), pleomórfica (*Plasmaviridae*), poliédrica (*Microviridae*, *Corticoviridae*, *Tectiviridae*, *Leviviridae* y *Cystoviridae*) o poliédrica conectada a una cola (*Caudovirales*). La cápside encapsula y protege el material genético de enzimas que lo puedan degradar, esta suele tener forma geométrica. Las colas se encuentran unidas a la cápside mediante un conector. El tamaño del genoma de los fagos es heterogéneo, hasta el año del 2020 el genoma de menor tamaño depositado en bases de datos se reportó de 2,435 pb, en el otro extremo se encuentran los jumbo fagos, los cuales presentan un genoma mayor a las 540 Kb [17]. Los fagos presentan dos distintos ciclos de replicación, el lítico y el lisogénico, en ambos casos estos comienzan con el proceso de adsorción, en el que se reconocen mediante estructuras de la cola del fago los sitios de reconocimiento, como lipopolisacáridos, lipoproteínas y cápsulas [4, 17, 18].

Las fuentes principales para la obtención y aislamiento de fagos específicos hacia *A. baumannii* incluyen muestras efluentes de hospitales, lesiones y secreciones de pacientes y aves, sin embargo, la fuente principal para aislarlos es de efluentes de hospitales. La morfología de fagos específicos hacia *A. baumannii* se reporta de fagos con cola y filamentosos. La estructura del genoma de fagos de *A. baumannii* es heterogénea y diversa, no hay similitud entre genomas reportados, como ejemplo se tiene el fago vB_AbaS_TVUP2199 que es distinto a los fagos reportados, sin embargo, esto puede deberse a que la mayoría de los genes de los bacteriófagos aún no se conoce o no tienen una asignación funcional [18]. Se ha reportado en diversos trabajos el uso de la terapia fágica de maneras dinámicas, se ha estudiado el efecto del uso combinado de bacteriófagos con antibióticos en cepas XDR de *A. baumannii*, se han probado cócteles de fagos en el tratamiento de pacientes infectados con cepas resistentes incluso a polimixinas y también se han probado bacteriófagos como agentes desinfectantes en superficies mediante la inhibición de la formación de biofilm en equipos médicos [19, 20, 21].

PARTE EXPERIMENTAL

Se tomaron muestras ambientales de agua de río a ~100 cm de profundidad (19°42'45.3"N 101°11'38.5"W en septiembre del 2024. Las muestras fueron sometidas a procesos de filtrado y etapas de enriquecimiento.

En la etapa de filtrado, se pasaron las muestras por papel filtro grueso y por membranas de 0.45 µm y 0.20 µm, respectivamente. En la etapa de enriquecimiento, se inocularon 2 mL de las muestras filtradas con la cepa ACIN043 de *A. baumannii* con una densidad óptica (D.O.) de 0.5 a 3.5 mL de medio LB. Se incubó a 37 °C durante 24 h en agitación constante, se centrifugó por 20 min a 3260 x g, se tomó el sobrenadante y se filtró en membranas de 0.22 µm. Posteriormente, se empleó el método de Agar de Doble Capa (ADC), en el cual se coloca una alícuota del fago ya filtrado junto con una alícuota de la bacteria y se coloca en un agar suave, este se homogeniza y se vierte en una placa Petri con una base de agar LB, se deja incubando a 37 °C por 24 h y posteriormente se observa la formación de las diferentes placas líticas.

Finalmente, se tomaron las placas líticas con base en la diferencia de tamaño que presentaron y se resuspendieron en 900 µL de Buffer SM; se inocularon e incubaron, como se mencionó anteriormente, mínimo en tres ocasiones, para confirmar el aislamiento de un único fago.

RESULTADOS

A partir de una muestra ambiental de agua de río recolectada en septiembre de 2024 (19°42'45.3"N 101°11'38.5"W), se logró el aislamiento de seis bacteriófagos con capacidad lítica contra cepas de *Acinetobacter baumannii*. Estos fagos presentaron actividad específica, evidenciada por la formación de placas de lisis en los ensayos realizados.

Las placas de lisis obtenidas mostraron diferencias en tamaño, lo que permitió distinguir entre los distintos aislamientos. Cada uno de los seis fagos aislados fue seleccionado con base en estas características morfológicas de las placas y posteriormente confirmado mediante rondas sucesivas de inoculación y recuperación de lisados, con el fin de garantizar la pureza de cada aislamiento.

En conjunto, estos resultados confirman la presencia de bacteriófagos activos contra *A. baumannii* en ambientes acuáticos naturales, y representan un punto de partida para su caracterización futura (Fig. 1).

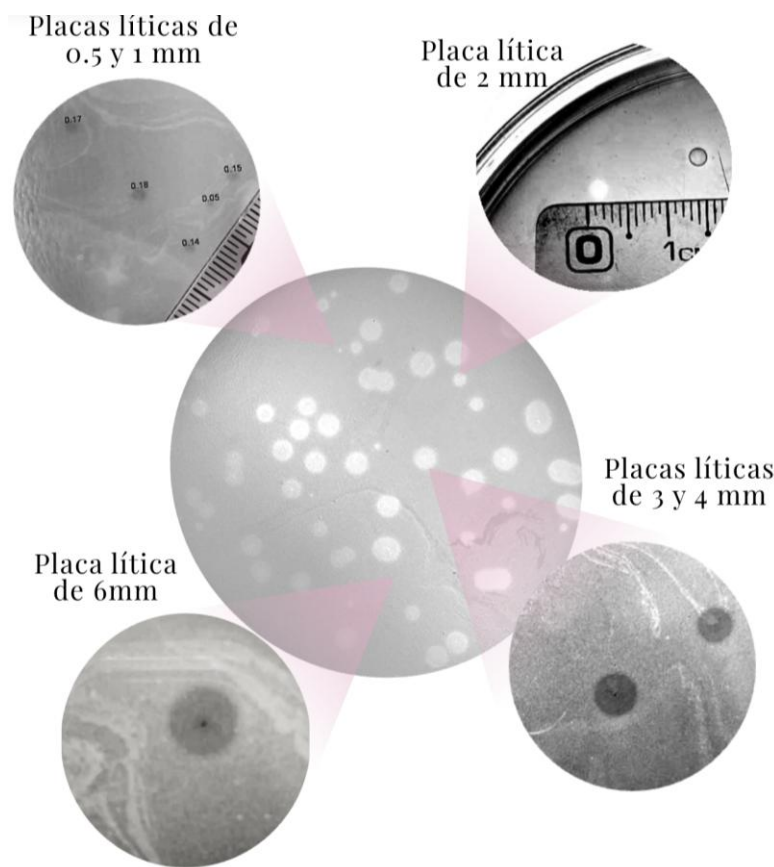


Figura 1. Placas líticas aisladas. En las imágenes se muestran placas líticas de distintos tamaños (0.5 - 6 mm), indicando el aislamiento de distintos fagos aislados con la cepa hospedera ACIN043

CONCLUSIONES

Se aislaron seis bacteriófagos distintos a partir de una muestra ambiental de agua de río. Cada aislamiento presentó diferencias en el tamaño de las placas de lisis, confirmando que se trata de fagos diferentes. Todos mostraron especificidad hacia cepas de *Acinetobacter baumannii* y una capacidad infectiva eficiente, evidenciada por la formación clara de placas líticas. Estos resultados sugieren su potencial como agentes biológicos dirigidos para el control de este patógeno.

BIBLIOGRAFÍA

1. Antunes, L. C., Visca, P., and Towner, K. J., "*Acinetobacter baumannii*: evolution of a global pathogen," *Pathog. Dis.*, Vol. 71, 3, 2014, pp. 292–301. 10.1111/2049-632X.12125
2. Vázquez-López, R., et al., "*Acinetobacter baumannii* resistance: a real challenge for clinicians," *Antibiotics*, Vol. 9, 4, 2020, 205. 10.3390/antibiotics9040205
3. Shahed-Al-Mahmud, M., et al., "Phage ϕ AB6-borne depolymerase combats *Acinetobacter baumannii* biofilm formation and infection," *Antibiotics*, Vol. 10, 3, 2021, 279. 10.3390/antibiotics10030279
4. Tu, Q., et al., "*Acinetobacter baumannii* phages: past, present and future," *Viruses*, Vol. 15, 3, 2023, 673. 10.3390/v15030673
5. Ibrahim, S., Al-Saryi, N., Al-Kadmy, I. M., and Aziz, S. N., "Multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* as an emerging concern in hospitals," *Mol. Biol. Rep.*, Vol. 48, 10, 2021, pp. 6987–6998. 10.1007/s11033-021-06690-6

6. Infectious Diseases Society of America, "The 10×'20 Initiative: pursuing a global commitment to develop 10 new antibacterial drugs by 2020," *Clin. Infect. Dis.*, Vol. 50, 8, 2010, pp. 1081–1083. 10.1086/652237
7. Chabrol, K. Arbuckle, J. M. Rolain, D. Raoult, and P. Pontarotti, "The functional convergence of antibiotic resistance in β -lactamases is not conferred by a simple convergent substitution of amino acid," *Evol. Appl.*, vol. 12, no. 9, 2019, pp. 1812–1822. 10.1111/eva.12835
8. Harbarth, S., et al., "Antimicrobial resistance: one world, one fight!," 2015. 10.1186/s13756-015-0091-2
9. World Health Organization, *WHO Global Strategy for Containment of Antimicrobial Resistance*, 2017.
10. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), *Antibiotic Resistance Threats in the United States*, 2013.
11. Tang, K. W. K., Millar, B. C., and Moore, J. E., "Antimicrobial resistance (AMR)," *Br. J. Biomed. Sci.*, Vol. 80, 2023, 11387. 10.3389/bjbs.2023.11387
12. Asif, M., Alvi, I. A., and Rehman, S. U., "Insight into *Acinetobacter baumannii*: pathogenesis, global resistance, mechanisms of resistance, treatment options, and alternative modalities," *Infect. Drug Resist.*, 2018, pp. 1249–1260. 10.2147/IDR.S166750
13. Yartasi, R. Durmaz, O. Ari, I. Mumcuoglu, and B. Dinc, "Molecular characterization of the multi-drug resistant *Myroides odoratimimus* isolates: a whole genome sequence-based study to confirm carbapenem resistance," *Int. Microbiol.*, 2023, pp. 1–12. <http://doi.org/10.1007/s10123-023-00472-9>
14. Nang, S. C., et al., "Rescuing the last-line polymyxins: achievements and challenges," *Pharmacol. Rev.*, Vol. 73, 2, 2021, pp. 679–728. 10.1124/pharmrev.120.000020
15. Oh, J. H., and Park, M. K., "Recent trends in *Salmonella* outbreaks and emerging technology for biocontrol of *Salmonella* using phages in foods: a review," *J. Microbiol. Biotechnol.*, Vol. 27, 12, 2017, pp. 2075–2088. 10.4014/jmb.1710.10049
16. Dion, M. B., Oechslin, F., and Moineau, S., "Phage diversity, genomics and phylogeny," *Nat. Rev. Microbiol.*, Vol. 18, 3, 2020, pp. 125–138. 10.1038/s41579-019-0311-5
17. Hampton, H. G., Watson, B. N., and Fineran, P. C., "The arms race between bacteria and their phage foes," *Nature*, Vol. 577, 7790, 2020, pp. 327–336. 10.1038/s41586-019-1894-8
18. Luo, J., et al., "Bactericidal synergism between phage YC#06 and antibiotics: a combination strategy to target multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* in vitro and in vivo," *Microbiol. Spectr.*, Vol. 10, 4, 2022, e00096-22. 10.1128/spectrum.00096-22
19. Ran, B., et al., "A photo-sensitizable phage for multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* therapy and biofilm ablation," *Chem. Sci.*, Vol. 12, 3, 2021, pp. 1054–1061. 10.1039/d0sc04889e
20. Yuan, Y., et al., "Efficacy of a phage cocktail in controlling phage resistance development in multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii*," *Virus Res.*, Vol. 272, 2019, 197734. 10.1016/j.virusres.2019.197734
21. Liu, D., et al., "The safety and toxicity of phage therapy: a review of animal and clinical studies," *Viruses*, Vol. 13, 7, 2021, 1268. 10.3390/v13071268

ANÁLISIS DE LA FORMACIÓN DE DIMICOLATO DE TREHALOSA EN CEPAS DE *Mycobacterium Tuberculosis* CON DIFERENCIAS EN LA FÁRMACO RESISTENCIA FENOTÍPICA Y GENOTÍPICA

Marlen Esthela Martínez Cerda, Andrea Monserrat Negrete Paz, Gerardo Vázquez Marrufo y Ma. Soledad Vázquez Garcidueñas

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
soledad.vazquez@umich.mx

RESUMEN

La tuberculosis (TB) es una enfermedad infecciosa causada por *Mycobacterium tuberculosis* (Mtb), es considerada un problema grave de salud pública, especialmente en poblaciones de escasos recursos. A pesar de los avances en su tratamiento, la TB sigue siendo difícil de erradicar debido a la duración de la terapia y al alto costo de los fármacos. Aunque la mayoría de los casos son sensibles a los medicamentos, la TB resistente representa una amenaza creciente para el control de la enfermedad. La resistencia a antibióticos suele estar asociada con mutaciones en genes específicos, sin embargo, en algunas cepas se han observado discrepancias entre la resistencia fenotípica y genotípica, lo que sugiere la existencia de mecanismos alternativos de resistencia. Uno de estos mecanismos podría estar relacionado con el dimicolato de trehalosa (TDM), mejor conocido como factor cuerda, un glicolípido de membrana, considerado un factor de virulencia de Mtb. Este compuesto contribuye a la formación de granulomas y podría influir en la permeabilidad de la membrana celular, dificultando la acción de los antibióticos. Se ha propuesto que la baja permeabilidad de la pared celular micobacteriana, favorecida por el TDM, puede contribuir a la resistencia constitutiva a los fármacos en cepas con discrepancias fenotípico-genotípicas. En el presente estudio, se analizaron 45 cepas clínicas de Mtb aisladas en los estados de Michoacán y Guanajuato. Se evaluó la formación de estructuras macroscópicas mediante la técnica de Ziehl-Neelsen. Posteriormente, se asoció la formación del factor cuerda y las cepas con discrepancia en la resistencia fenotípica y genotípica, las sensibles y las resistentes. Para el análisis estadístico, se empleó pruebas de chi cuadrada. Como resultado se obtuvieron, 30 cepas de Mtb con morfología de cuerdas, destacando entre los tres perfiles las cepas de Mtb con inconsistencia en la resistencia fenotípica y genotípica. Además, se observó que la mayoría de las cepas analizadas son de tipo pulmonar, con una minoría de dos cepas de tipo intestinal.

INTRODUCCIÓN

La TB es una enfermedad que ha estado presente a lo largo de nuestra historia. Debido a su elevada capacidad de transmisión es difícil de erradicar, se estima que aproximadamente un tercio de la población podría estar infectada sin presentar síntomas. Lamentablemente, las personas en condiciones de vulnerabilidad son las más afectadas.

El agente etiológico responsable de la TB es *Mycobacterium tuberculosis* (Mtb), el cual afecta principalmente los pulmones [1]. Una vez en los pulmones infecta macrófagos alveolares e induce la formación de granulomas en donde puede permanecer en estado latente en individuos con un sistema inmunitario óptimo. En cambio, en pacientes inmunodeprimidos (como es el caso de las personas con VIH) estos granulomas no se desarrollan, por lo que, Mtb pasa directamente a infectar todo el pulmón (tuberculosis pulmonar) y puede diseminarse a otros órganos (tuberculosis sistémicas), ocasionando la muerte en la mayoría de los casos [2].

El tratamiento contra la TB consta de la combinación de cuatro fármacos considerados de primera línea; rifampicina (RIF), isoniazida (INH), etambuto (EMB) y pirazinamida (PZA), con una durabilidad aproximada de 6 a 9 meses [3]. La prolongada duración de este esquema terapéutico favorece la aparición de cepas resistentes y multiresistentes a los antibióticos, debido a que la mayoría de los

pacientes suelen abandonar el tratamiento antes de concluirlo. Sumado a lo anterior, se han identificado cepas que presentan discrepancias entre la resistencia fenotípica (crecimiento de cepas en medio adicionado con fármacos) y genotípica (búsqueda de genes canónicos de resistencia) [4]. Los genes canónicos de Mtb asociados a la resistencia a fármacos se han logrado identificar mediante secuenciación genética. A grandes rasgos, la resistencia a los fármacos se divide en dos categorías: la resistencia adquirida y constitutiva. La primera da noción a la capacidad que presenta MTB a resistir el efecto de los fármacos mediante mutaciones en genes específicos. Los genes canónicos de resistencia en MTB evaluados hasta el momento son: *katG* y/o *inhA* (resistencia a INH), *rpoB* (resistencia a RIF), *pncA* (resistencia a PZA) y el operón *embCAB* (resistencia a EMB), dichas mutaciones son a través de polimorfismos de un solo nucleótido (SNP), así como también de inserciones- deleciones. Por otra parte, la resistencia constitutiva se genera sin la previa exposición a fármacos, es considerada la resistencia innata de Mtb, asociada generalmente a la baja permeabilidad de la muy compleja envoltura micobacteriana [5].

La arquitectura de la pared celular de Mtb es rica en peptidoglicano, arabinogalactano y ácidos micólicos, estos últimos forman una barrera física que dificultan la acción los fármacos. Adicionalmente, el dimicolato de trehalosa (Fig. 1) o mejor conocido como factor cuerda es un glucolípido que se encuentra en gran concentración en la pared de las micobacterias) [6]. La sobre acumulación de TDM promueve el fenotipo de cuerdas en Mtb, debido a que impide la división celular completa de las células y refuerza su capacidad de evadir el sistema inmunológico del hospedero, así como la posible resistencia contra los antibióticos. Además, diversos estudios han demostrado que TDM actúa también como un factor de virulencia [7].

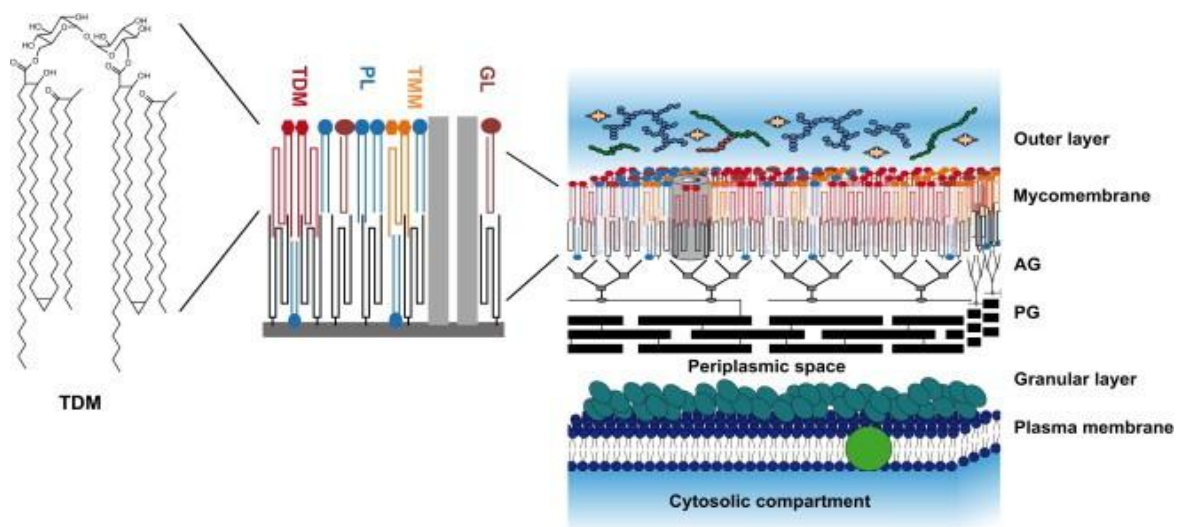


Figura 1. Modelo de la pared celular microbiana. La capa externa está compuesta principalmente de glucano y proteínas, con una cantidad mínima de lípidos. La micromembrana corresponde a la barrera de permeabilidad. Su capa interna se compone de cadenas de ácido micólico (en negro) que están unidas a ácidos grasos (AG), los cuales a su vez están unidos covalentemente a peptidoglicano (PG); se presume que la capa interna de la micomembrana incluye lípidos libres, entre ellos TDM (rojo), TMM (naranja), varios glicolípidos (GL, marrón) y fosfolípidos (PL, azul) [6].

OBJETIVO GENERAL

Determinar las diferencias entre la formación del factor cuerda y la resistencia a antibióticos en cepas de *M. tuberculosis* con discrepancias en la susceptibilidad fenotípica y genotípica a los antibióticos de primera línea.

Objetivos específicos

- Evaluar la formación de factor cuerda en las cepas de *M. tuberculosis*.
- Correlacionar la formación de cuerdas macroscópicas y la fármaco resistencia en las cepas con inconsistencias genotípicas-fenotípicas.

METODOLOGÍA

Cepas de estudio

Se analizaron 42 cepas clínicas de Mtb aisladas en los estados de Michoacán y Guanajuato, con inconsistencias en la fármaco resistencia, sin inconsistencias sensibles y sin inconsistencias resistentes. Se sembraron en medio Lowenstein- Jensen e incubaron a 37 °C por al menos 4 semanas y resembradas en medio BBL 7H11 adicionado con suero de sangre humana.

Formación del factor cuerda

Mediante la técnica de Ziehl-Neelsen se determinó la formación microscópica de cuerdas en las semanas 1, 2, 3 y 4 de incubación, partiendo de los cultivos en medio Lowenstein- Jensen y medio suplementado con suero de sangre humana.

Análisis estadístico

Se determinaron asociaciones significativas entre el TDM y las discrepancias en resistencia mediante software estadístico R (versión 4.3.0).

RESULTADOS

En el presente estudio, 14 de las cepas formadoras de morfología en cuerda mostraron perfiles con inconsistencias en la resistencia fenotípica y genotípica, mientras que 12 resultaron solo sensibles y 4 resistentes (Fig.2). Este hallazgo sugiere una posible asociación entre esta característica morfología y los perfiles de resistencia discordantes. El TDM podría favorecer una resistencia fenotípica adicional, independientemente de las mutaciones clásicas en los genes canónicos. El TDM es el principal lípido que se encuentra en la pared celular de Mtb, el cual es responsable a la arquitectura de cordones en cepas patógenas [8].

El TDM se ha asociado con el incremento de la baja permeabilidad de la pared micobacteriana, por consecuencia reducir la acción de antibióticos. Además, variaciones en la cantidad y composición de los lípidos de la pared celular, así como de TDM, se han relacionado con fenotipos de resistencia no explicados por mutaciones genéticas [9].

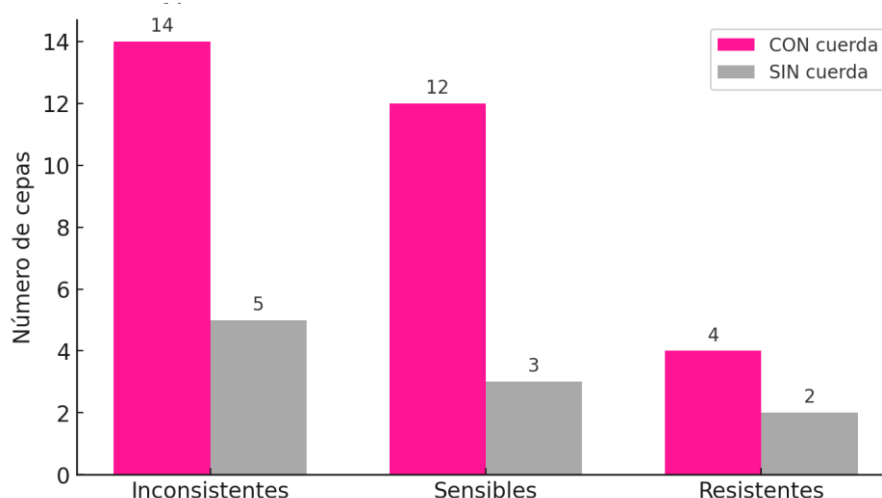


Figura 2. Distribución de cepas de Mtb con y sin factor cuerda según su perfil de susceptibilidad.

Se observó que la mayoría de las cepas con formación del factor cuerda son de tipo pulmonar con excepción de dos cepas que son de tipo intestinal (Fig. 3), lo cual es consistente por el sitio dónde inicia principalmente la infección por Mtb y los tejidos ricos en oxígeno. Como bacilos aeróbicos estrictos, Mtb requiere concentraciones altas en oxígeno para un óptimo crecimiento dentro del organismo, por ello, es que prefiere el ambiente alveolar, puesto que presentan concentraciones elevadas de oxígeno y nutrientes [10].

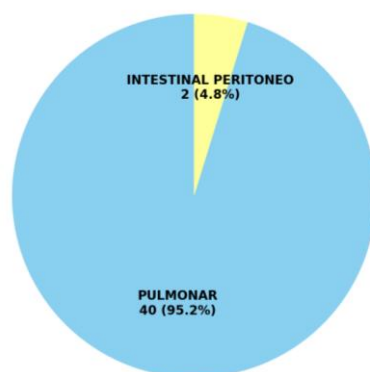


Figura 3. Asociación del tipo de TB y la formación del factor cuerda.

La infección intestinal suele deberse a la deglución de esputo con bacilos de Mtb, los cuales son dirigidos desde TB pulmonar activo o la extensión directa desde órganos adyacentes (Horvath & Whelan, 2018) [11].

CONCLUSIONES

El TDM podría contribuir a una resistencia fenotípica independiente de mutaciones en genes canónicos de resistencia genotípica reportados en la actualidad. Los resultados de este trabajo nos abre la posibilidad de considerar a la morfología del factor cuerda como una técnica complementaria en el método de diagnóstico de la resistencia a los antibióticos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Tuberculosis - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud [Internet]. 2024 [citado 26 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/tuberculosis>.
2. Bermejo MC, et al. Epidemiología de la tuberculosis. An Sist Sanit Navar. 2007;30:07-19.
3. Hillemann D, Rüsche-Gerdes S, Richter E. Feasibility of the GenoType MTBDRsl Assay for Fluoroquinolone, Amikacin-Capreomycin, and Ethambutol Resistance Testing of Mycobacterium tuberculosis Strains and Clinical Specimens. J Clin Microbiol. junio de 2009;47(6):1767-72.
4. Bónsa Z, et al. Discordance between genotypic and phenotypic methods for the detection of rifampicin and isoniazid resistant Mycobacterium tuberculosis and the correlation with patient treatment outcomes. J Clin Tuberc Mycobact Dis. febrero de 2024;34:100410.
5. Rahlwes KC, et al. Pathogenicity and virulence of Mycobacterium tuberculosis. Virulence. 31 de diciembre de 2023;14(1):2150449.
6. Marrakchi H, Lanéelle MA, Daffé M. Mycolic Acids: Structures, Biosynthesis, and Beyond. Chem Biol. 16 de enero de 2014;21(1):67-85.
7. Sakamoto K, et al. Mycobacterial Trehalose Dimycolate Reprograms Macrophage Global Gene Expression and Activates Matrix Metalloproteinases. Infect Immun. 20 de febrero de 2013;81(3):764-76.
8. López, J. & Martínez, A. *Actionable mechanisms of drug tolerance and resistance in Mycobacterium tuberculosis*. FEBS Journal. 2024; DOI:10.1111/febs.17142.
9. Garcia-Vilanova, O. et al. *Drug-resistant strains of Mycobacterium tuberculosis: cell envelope adaptations and their role in phenotypic tolerance*. Front. Cell. Infect. Microbiol. 2023;13:1274175.
10. Cheng, Y. et al. *Mycobacterium tuberculosis can scavenge trace levels of oxygen to maintain energy homeostasis*. Cell Reports. 2023;42(3):112455.
11. Horvath, J. & Whelan, R. *Invasion routes and pathogenesis of gastrointestinal tuberculosis*. Front. Cell. Infect. Microbiol. 2018;8:158.

FORMACIÓN DE BIOPELÍCULA Y PERSISTENCIA DE CEPAS CLÍNICAS DE *Acinetobacter Baumannii* DE MICHOACÁN

Matilde Cecilia Martínez Vázquez, Ma. Soledad Vázquez Garcidueñas, Gerardo Vázquez Marrufo

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
gerardo.marrufo@umich.mx

RESUMEN

Acinetobacter baumannii es un patógeno nosocomial oportunista gramnegativo, aerobio estricto^{1,2}. Es el principal agente causal de neumonía asociada al respirador, representando casi el 15% de todas las infecciones adquiridas en el hospital y confiere una tasa de mortalidad del 26%³. Infecta y coloniza pacientes hospitalizados en estado crítico o debilitados por sus comorbilidades, por lo que es común observar la presencia de *A. baumannii* en unidades de cuidados intensivos y de quemados, causando principalmente neumonía asociada a ventilación, bacteriemia, y del tracto urinario, meningitis^{1,4}.

La patogenia de *A. baumannii* se atribuye a una compleja combinación de factores que incluyen un amplio repertorio de factores de virulencia que interactúan para causar infecciones, permitiendo que dicho patógeno se disemine fácilmente dentro de los entornos hospitalarios, entre los factores de virulencia destaca su capacidad para formar biopelículas, que le permite subsistir en condiciones adversas del ambiente hospitalario, y contribuye a evadir las defensas del hospedero. Además, se ha documentado una variación fenotípica significativa asociada a determinantes de virulencia entre cepas del patógeno provenientes de un mismo nosocomio^{2,4}. Estudios previos han demostrado que este patógeno puede permanecer viable en superficies secas durante períodos prolongados, lo que origina brotes en hospitales².

El objetivo del presente trabajo fue realizar una caracterización fenotípica de determinantes de virulencia de cepas de *Acinetobacter baumannii* de infecciones nosocomiales de Morelia. Se realizaron ensayos fenotípicos a 30 cepas clínicas obtenidas de diversos tipos de muestras provenientes del Hospital General "Dr. Miguel Silva" de Morelia, Michoacán. Ensayo de formación de biopelícula se realizó utilizando el método de tinción con cristal violeta utilizando placas de poliestireno de 96 pozos. Se midió la absorbancia del sobrenadante a 595 nm. Para el ensayo de sobrevivencia a sequía se centrifugaron alícuotas de suspensiones bacterianas para realizar lavados a las células y posteriormente depositarlas sobre cubreobjetos de vidrio e incubar a 25 °C a una humedad relativa de 31 % $\pm$ 3 y se determinaron los recuentos viables a las 0, 24 y cada 72 h. Se observó que la mayoría de las cepas 29 (96.66%) mostraron capacidad para formar biopelícula, de las cuales 14 (46.6%) exhibió una formación de biopelícula extremadamente fuerte, 10 (33.3%) mostró fuerte capacidad de formación de biopelícula, 2 (6.6%) presentó moderada formación de biopelícula y 3 (10%) exhibieron producción de biopelícula débil. La mayoría de las cepas mostraron sobrevivencia a periodos prolongados bajo condiciones limitadas de humedad. Se observó que la sobrevivencia del 53.33 % de las cepas fue mayor a 30 días, y solo el 13.3 % de los aislados exhibió una sobrevivencia a condiciones sequía de menos de 10 días. Si bien se ha reportado que la formación de biopelícula está implicada en la sobrevivencia a sequía, existen otros factores que pueden incrementar la supervivencia a la desecación. En conclusión, las cepas causantes de infecciones nosocomiales en Morelia, Michoacán, presentan diversidad en fenotipos de resistencia al estrés y virulencia. No obstante, de acuerdo con los parámetros analizados la mayoría de las cepas estudiadas muestran un alto potencial de virulencia.

INTRODUCCIÓN

Acinetobacter baumannii es un patógeno nosocomial oportunista gramnegativo, aerobio estricto^{1,5}. Es uno de los agentes de mayor prevalencia en infecciones nosocomiales. Actualmente se le clasifica como una de las bacterias multirresistentes más críticas a nivel mundial. Este patógeno es responsable de aproximadamente 7, 300 casos de infección y 500 muertes al año, representando un importante problema de salud pública más graves debido a la escasez de terapias efectivas y métodos adecuados para controlar su propagación⁶. Causa infecciones nosocomiales graves e invasivas principalmente en pacientes hospitalizados en estado crítico o inmunocomprometidos, por lo que es frecuente su aislamiento en unidades de cuidados intensivos y de quemados. Entre las patologías más comunes asociadas a *A. baumannii* se encuentran la neumonía asociada a ventilación, bacteriemia, infecciones de la piel, tejidos blandos y del tracto urinario, meningitis y endocarditis^{1,6}.

La intervención de *A. baumannii* en infecciones hospitalarias ha sido un reto en las últimas décadas debido a su amplia resistencia a antibióticos y la alta mortalidad asociada a dichas infecciones⁷. El aumento de cepas multirresistentes ha limitado las opciones de tratamiento para este patógeno, que se ha convertido en una gran amenaza para los pacientes hospitalizados en todo el mundo. Por esta razón, una mejor comprensión de la virulencia de *A. baumannii* contribuye al desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas para prevenir y tratar las infecciones por este patógeno⁶.

TEORIA

Durante los últimos años se ha buscado descifrar los mecanismos que hacen que *A. baumannii* sea tan exitoso en el ambiente clínico, ya que su patogenia se ha atribuido a una combinación de elementos y varios factores de virulencia, los cuales participan conjuntamente para causar la infección².

La patogenia de *A. baumannii* se atribuye a una compleja combinación de factores que incluyen un amplio repertorio de factores de virulencia que interactúan para causar infecciones, permitiendo que dicho patógeno se disemine fácilmente dentro de los entornos hospitalarios, entre los factores de virulencia destaca su capacidad para formar biopelículas, que le permite subsistir en condiciones adversas del ambiente hospitalario, y contribuye a evadir las defensas del hospedero. Otros factores de virulencia incluyen la movilidad, la captación micronutrientes y la secreción de proteínas efectoras entre otros^{5,8,9}.

La formación de biopelículas en *A. baumannii* es un factor de virulencia y supervivencia relevante, que permite al patógeno colonizar diversos entornos, sobrevivir en condiciones adversas y resistir a los antibióticos. Este mecanismo es fundamental para la capacidad de *A. baumannii* para causar infecciones persistentes y representa un desafío en entornos clínicos¹⁰. La producción de biopelículas es un potente mecanismo de protección que es beneficioso tanto para la protección bacteriana, que también aumenta la patogenicidad, la resistencia antimicrobianos, las complicaciones del tratamiento, facilita la colonización bacteriana y la supervivencia en *A. baumannii* en hospitales y equipos médicos¹¹.

Las biopelículas microbianas consisten en microcolonias encerradas en una matriz de exopolímero llamada sustancia polimérica extracelular (EPS) compuesta por proteínas, carbohidratos, ácidos nucleicos y polisacáridos disociados en agua^{12,13}. El proceso de formación de biopelículas consta de varias etapas y comienza cuando se lleva a cabo la unión inicial de células a la superficie donde se desarrollará la estructura, y continúa con una fuerte adhesión entre estas y la superficie con la participación de adhesinas. Esto genera una unión irreversible que llevará a la formación de microcolonias de células, seguido por la proliferación de más células dentro de la colonia y la maduración de la biopelícula, para la posterior dispersión celular en el medio ambiente^{6,13,14}. La formación de biopelícula se considera un factor de virulencia importante, que mejora en gran medida la supervivencia y persistencia del patógeno, debido a que se ve mayormente estimulada

cuando este se encuentra bajo estrés ambiental o condiciones poco favorables para su crecimiento^{5,13,15}.

La supervivencia ambiental de *A. baumannii* depende de su capacidad para persistir frente a la desecación, las sustancias empleadas en la desinfección y el estrés oxidativo. Además de otras funciones importantes, la biosíntesis del polisacárido capsular y la formación de biopelículas respaldan la viabilidad de *A. baumannii*⁹. Comúnmente los entornos de atención médica incluyen períodos prolongados de desecación y regímenes de desinfección de rutina, y *A. baumannii* se ha adaptado a este tipo de estrés. La resistencia a la desecación varía entre los aislamientos clínicos del patógeno, y algunos aislados permanecen viables durante casi 100 días⁹.

La notable capacidad de *A. baumannii* para resistir la desecación prolongada dificulta su eliminación en entornos hospitalarios. Esta resistencia se debe principalmente a la producción de compuestos como L-glutamato, D-manitol y trehalosa, que protegen a la célula del daño por pérdida de agua, así como la expresión de las proteínas hidrofílicas DtpA y DtpB, que actúan como chaperonas evitando la desnaturalización de proteínas durante la deshidratación, lo que representa un desafío significativo para su erradicación en entornos hospitalarios¹⁶.

PARTE EXPERIMENTAL

La formación de biopelícula se analizó mediante el protocolo descrito por Al-Shamiri *et al.*⁸, con algunas modificaciones. Se obtuvieron suspensiones bacterianas a partir de cultivos en agar Muller-Hinton (MH), ajustando a una densidad óptica de 0.2. Se inocularon 150 µL de las suspensiones obtenidas en placas de 96 pozos de poliestireno y se incubó a 25 °C por 72 h. Posteriormente, se realizaron lavados a las placas tres veces con buffer fosfato salino (PBS) y se tiñó con cristal violeta al 0.4% (p/v) durante 15 min. Se lavó nuevamente con PBS tres veces, el colorante se solubilizó con etanol al 95 % (v/v) y se midió la absorbancia del sobrenadante a 595 nm utilizando la microestación Biolog (Bio-Rad, USA). El valor de corte de densidad óptica (DOc) se estableció como tres desviaciones estándar (DE) por encima de la media de la densidad óptica (DO) del control negativo como se muestra en la siguiente fórmula: $DOc = DO \text{ promedio del control negativo} + (3 \times DE \text{ del control negativo})$. Los resultados se dividieron en las cuatro categorías según sus densidades ópticas como: (1) fuerte productor de biopelículas ($4 \times DOc < DO$); (2) productor de biopelícula medio ($2 \times DOc < DO \leq 4 \times DOc$); (3) productor de biopelícula débil ($DOc < DO \leq 2 \times DOc$); y (4) no produce biopelícula ($DO \leq DOc$).

Para la realización del ensayo de sobrevivencia a sequía realizado de acuerdo con lo descrito por Espinal *et al.* (2012), se incubó una alícuota de 10 mL proveniente de un cultivo de las cepas de estudio en caldo nutritivo durante 12 h a 37 °C. Después se centrifugó durante 5 min a 11,600 g, las células recuperadas se lavaron una vez y suspendieron en agua destilada. Se depositaron 20 µL de estas suspensiones en cubreobjetos de vidrio estériles, se colocaron en placas de Petri sin tapar y se colocaron dentro de cajas de plástico herméticas. La humedad relativa dentro de las cajas de plástico se mantuvo al 30% (± 3) con una solución salina saturada de $CaCl_2 \cdot 6H_2O$, utilizando un termohigrómetro Traceable® para controlar la humedad y temperatura. Los recuentos viables se determinaron en tiempo cero, 24 h y cada 72 h hasta que las unidades formadoras de colonia (UFC) fuera ≤ 20 debido a que en la literatura se considera un estándar que indica que la bacteria ya no es viable. Para los recuentos viables, cada cubreobjetos de vidrio se agitó vigorosamente durante 1 minuto en 2 mL de agua destilada estéril y se inocularon alícuotas de 100 µL en placas de agar nutritivo. Se analizaron las UFC de cada uno de los tiempos de muestreo.

RESULTADOS

Al evaluar la capacidad de formación de biopelícula en las cepas analizadas, se identificó que la cepa ACIN013 presentó la mayor actividad, destacándose como formadora extremadamente fuerte de biopelícula con una densidad óptica de 3.420 ± 0.032 , superando al resto de las cepas evaluadas. En contraste, la cepa ACIN020 mostró la menor capacidad dentro del grupo de débiles

formadoras de biopelícula, con una densidad óptica de 0.421 ± 0.058 (Fig. 1). Para este ensayo se utilizó la cepa ATCC BAA-1605 como control positivo de formación de biopelícula. Del total de 30 cepas evaluadas, el 73.3 % mostró una fuerte capacidad para formar biopelícula, el 13.3 % presentó capacidad moderada, y el 10 % exhibió una formación débil. Únicamente la cepa ACIN051 (3.3 %) no exhibió capacidad de formación de biopelícula. A demás se observó que la mayoría de las cepas con alta capacidad de formación de biopelícula presentan multirresistencia a antimicrobianos: el 40 % fueron padrogorresistentes, el 20 % extensamente drogorresistentes y solo el 13.3 % fueron susceptibles a antimicrobianos.

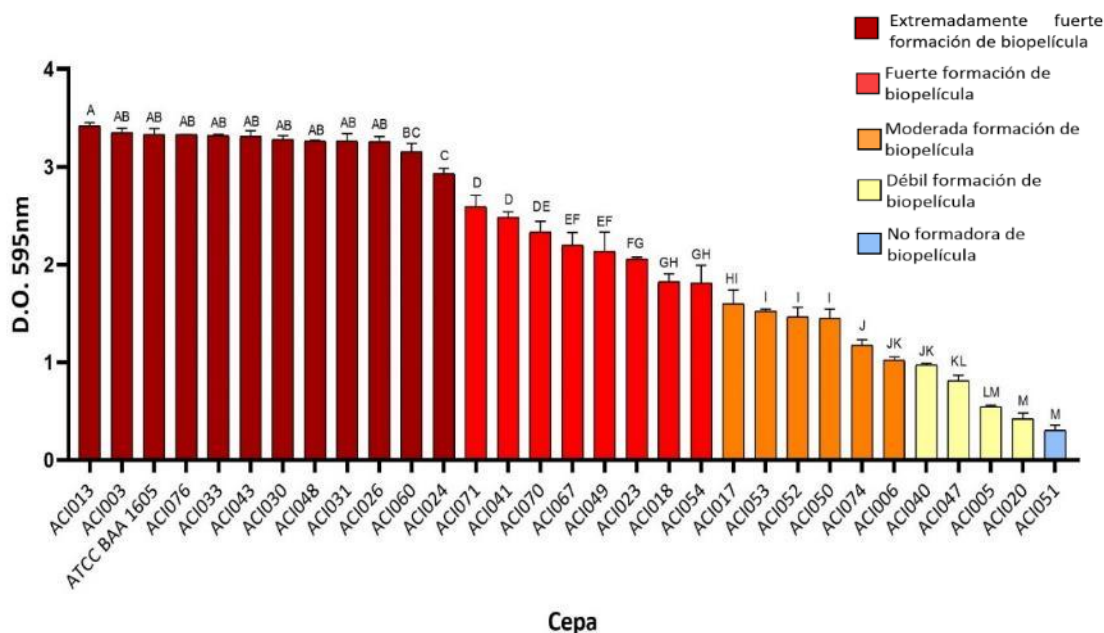


Figura 1. Ensayo de formación de biopelícula. Se analizaron 30 cepas, así como la cepa de referencia ATCC BAA 1605 a una temperatura de 25 °C. Se muestran las medias $\pm$ D.E. de ensayos realizados por triplicado para cada una de las cepas. Los valores conectados por la misma letra muestran una significativa similitud entre ellas, ANOVA de dos vías con prueba *post hoc* de Tukey-Kramer ($P < 0.05$).

Se evaluó la capacidad de las cepas para resistir condiciones de baja humedad, mediante su incubación a 25 °C y una humedad relativa del $30 \% \pm 3 \%$. Las observaciones se realizaron desde el inicio de la incubación hasta que se registraron 20 o menos unidades formadoras de colonia (UFC), criterio bajo el cual se consideró que la cepa había perdido viabilidad. Los resultados revelaron una amplia variabilidad en la capacidad de sobrevivencia entre las cepas estudiadas. Mientras que la cepa ACIN017 sólo sobrevivió 1 día, la cepa ACIN053 mostró una alta resistencia, permaneciendo viable durante 72 días bajo las mismas condiciones de estrés por desecación (Fig. 2).

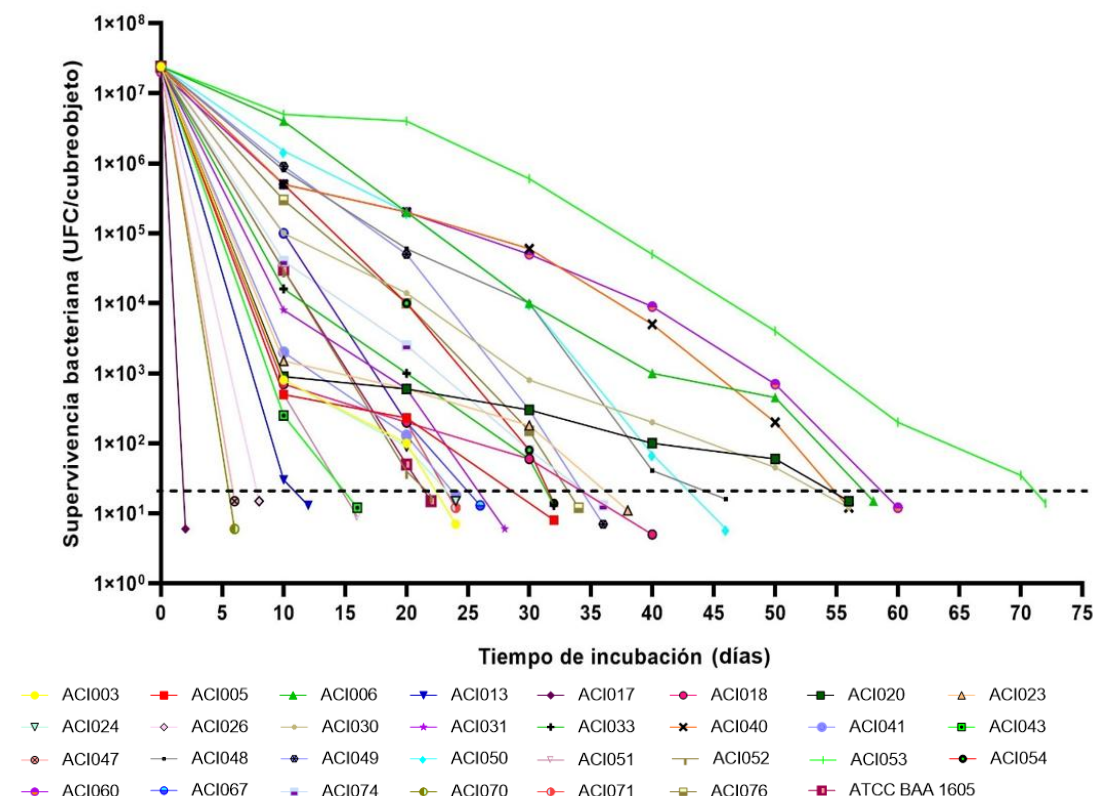


Figura 2. Supervivencia a sequía en las cepas de estudio de *Acinetobacter baumannii*. Se analizaron 30 cepas y la cepa de referencia ATCC BAA 1605. Los valores representan la media de tres experimentos independientes. La línea punteada indica 20 UFC, valores menores son considerados que la bacteria ya no sobrevive.

CONCLUSIONES

Las cepas clínicas de *A. baumannii* analizadas de Morelia Michoacán, mostraron una marcada diversidad fenotípica en cuanto a su capacidad para formar biopelículas y resistir en condiciones de desecación. Estos factores representan mecanismos clave que favorecen su persistencia en entornos hospitalarios y potencian su virulencia. La elevada proporción de cepas con fuerte formación de biopelícula, así como la prolongada viabilidad en condiciones de baja humedad observada en algunas de ellas, refuerzan su relevancia clínica. Estos resultados muestran la necesidad de implementar medidas de control más efectivas en hospitales, enfocadas en limitar la diseminación de cepas altamente adaptadas y multirresistentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dehbanipour R & Ghalavand Z. 2022. *Acinetobacter baumannii*: Pathogenesis, virulence factors, novel therapeutic options and mechanisms of resistance to antimicrobial agents with emphasis on tigecycline. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*. 47(11):1875-1884. <https://doi.org/10.1111/jcpt.13787>.
2. Mea HJ, Yong PV, Wong IH. 2021. An overview of *Acinetobacter baumannii* pathogenesis: motility, adherence and biofilm formation. *Microbiological Research*.
3. Shadan A, Pathak A, Ma Y, Pathania R, Singh RP. 2023. Deciphering the virulence factors, regulation, and immune response to *Acinetobacter baumannii* infection. *Frontiers in Cellular Infection Microbiology*. doi: 10.3389/fcimb.2023.1053968.

4. Lucidi M, Visaggio D, Migliaccio A, Capecchi G, Visca P, Imperi F, Zarrilli R. 2024. Pathogenicity and virulence of *Acinetobacter baumannii*: Factors contributing to the fitness in healthcare settings and the infected host. *Virulence*. doi: 10.1080/21505594.2023.2289769.
5. Ma C, & McClean S. 2021. Mapping global prevalence of *Acinetobacter baumannii* and recent vaccine development to tackle it. *Vaccines* (Basel) 9(6), 570. <https://doi.org/10.3390/vaccines9060570>.
6. Ahuatzin OE, Torres E & Chávez E. 2024. *Acinetobacter baumannii*, a Multidrug-Resistant Opportunistic Pathogen in New Habitats: A Systematic Review. *Microorganisms*, 12(4), 644. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12040644>.
7. Vanegas J, Roncancio G, Jiménez J. 2014. *Acinetobacter baumannii*: importancia clínica, mecanismos de resistencia y diagnóstico. *CES Medicina*, 28(2), 233–246.
8. Al-Shamiri MM, Zhang S, Mi P, Liu Y, Xun M, Yang E, Ai L, Han L, Chen Y. 2021. Phenotypic and genotypic characteristics of *Acinetobacter baumannii* enrolled in the relationship among antibiotic resistance, biofilm formation and motility. *Microbial Pathogenesis*. 155: 104922. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.104922>.
9. Sarshar M, Behzadi P, Scribano D, Palamara AT, Ambrosi C. 2021. *Acinetobacter baumannii*: an ancient commensal with weapons of a pathogen. *Pathogens*. 10(4):387. <https://doi.org/10.3390/pathogens10040387>.
10. Wang X, Cole CG, DuPai, CD, Davies BW. 2020. Protein Aggregation is Associated with *Acinetobacter baumannii* Desiccation Tolerance. *Microorganisms*. 8(3):343. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8030343>.
11. Gedefie A, Alemayehu E, Mohammed O, Bambo GM, Kebede SS, Kebede B. 2023. Prevalence of biofilm producing *Acinetobacter baumannii* clinical isolates: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 18(11):e0287211. doi: 10.1371/journal.pone.0287211
12. Harding CM, Hennon SW, Feldman MF. 2018. Uncovering the mechanisms of *Acinetobacter baumannii* virulence. *Nature Reviews Microbiology*. (2):91-102. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.1484>.
13. Dolma KG, Khatir R, Paul AK, Rahmatullah M, de Lourdes Pereira M, Wilairatana P, Khandelwal B, Gupta C, Gautam D, Gupta M, Goyal RK, Wiart C, Nissapatom V. 2022. Virulence characteristics and emerging therapies for biofilm-forming *Acinetobacter baumannii*. A review. *Biology*. 11(9), 1343. <https://doi.org/10.3390/biology11091343>
14. Pompilio A, Scribano D, Sarshar M, Di Bonaventura G, Palamara AT, Ambrosi C. 2021. Gram-negative bacteria holding together in a biofilm: the *Acinetobacter baumannii* way. *Microorganisms*. 9(7):1353. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9071353>
15. Shenkutie AM, Yao MZ, Siu GK, Wong BKC, Leung PH. 2020. Biofilm-Induced Antibiotic Resistance in Clinical *Acinetobacter baumannii* Isolates. *Antibiotics* (Basel). (11):817. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9110817>.
16. Lucidi M, Capecchi G, Spagnoli C, Basile A, Artuso I, Persichetti L, Fardelli E, Capellini G, Visaggio D, Imperi F, Rampioni G, Leoni L, Visca P. 2025. The response to desiccation in *Acinetobacter baumannii*. *Virulence*. 16(1):2490209. doi: 10.1080/21505594.2025.2490209
17. Espinal P, Martí S, Vila J. 2012. Effect of biofilm formation on the survival of *Acinetobacter baumannii* on dry surfaces. *The Journal Hospital Infection*. 80(1): 56–60. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2011.08.013>.

INFECCIONES MIXTAS POR PATÓGENOS EN PACIENTES CON NECROBIOSIS: UN DESAFÍO DIAGNÓSTICO Y TERAPÉUTICO

Patricia Yazmín Figueroa Chávez ¹, Rodrigo Díaz Balcázar ¹ y Jaqueline Figueroa Chávez ¹

¹ Facultad de Químico Farmacobiología, UMSNH.
patricia.figueroa@umich.mx

RESUMEN

Introducción: La necrobiosis, es un proceso degenerativo del tejido conectivo, puede ser una condición debilitante que predispone a los pacientes a infecciones, especialmente en aquellos con comorbilidades como obesidad, diabetes o enfermedad vascular periférica. La presencia de infecciones mixtas, donde múltiples especies de bacterias están involucradas, y la creciente resistencia a los antibióticos, complican aún más el manejo de estas infecciones, representando un desafío diagnóstico y terapéutico significativo. Se realizó un estudio transversal, cuantitativo, en pacientes con necrobiosis que presentaban signos de infección. **Metodología:** Se tomaron muestras de tejido necrótico y exudado para cultivo a 40 pacientes en los cuales se identifican las especies bacterianas mediante métodos microbiológicos presentes. **Resultados:** En las muestras procesadas en un 100% se encontraron bacterias, de estas el 62.5% corresponden a una sola bacteria aislada y el 37.5% de los pacientes con necrobiosis presentaron infecciones mixtas es decir más de una bacteria, dentro de las variedades de bacterias aisladas, se incluyen bacterias Grampositivas y Gramnegativas. Las bacterias aisladas son: *Staphylococcus aureus* es un 4%, en un 90% *Pseudomonas aeruginosa* y en un 6% enterobacterias. En la combinación de infecciones mixtas se encontró que el 60% fueron dos bacterias negativas, el 26,6% una Gram negativa y una Gram positiva y el 13,3% dos bacterias positivas aisladas. **Conclusión:** Las infecciones mixtas por patógenos son un problema frecuente y complejo en pacientes con necrobiosis. La identificación de los factores asociados a estas infecciones como las comorbilidades es crucial para mejorar el diagnóstico y el tratamiento de estos pacientes, el tener cultivos mixtos complica más el tratamiento de este tipo de infecciones, por lo que, se deben implementar más campañas de prevención y de seguimiento de este tipo de heridas, evitando disminuir la problemática de estas infecciones.

INTRODUCCIÓN

Existen diferentes patologías que se presentan en la piel, algunas de ellas se deben a diversas complicaciones de la diabetes mellitus, por ejemplo, la necrobiosis también es conocida como necrobiosis lipoídica es un proceso degenerativo del tejido conectivo, puede ser una condición debilitante que predispone a los pacientes a la muerte celular o en otros casos condicionan a infecciones en la zona afectada, especialmente en aquellos con comorbilidades como obesidad, diabetes o enfermedad vascular periférica⁽¹⁾. La palabra necrobiosis proviene cuando el colágeno normal de la piel se ha degenerado y se le atribuye el término lipoídica por el color amarillento que suele presentar las lesiones, este tipo de manifestaciones clínicas no es frecuente pero cuando se presentan son pacientes mujeres que tienen entre 30 y los 40 años, llegándose a considerar una enfermedad crónica ⁽²⁾. Este tipo de enfermedades se puede complicar en un aproximado del 30% y se pueden presentar infecciones mixtas, donde múltiples especies de bacterias están involucradas^(1,4), y la creciente resistencia a los antibióticos, complican aún más el manejo de estas infecciones, representando un desafío diagnóstico y terapéutico significativo^(1,3,4).

TEORIA

La etiología de la Necrobiosis no está bien definida, pero de acuerdo con algunos expertos es un término médico que se manifiesta por proceso patológico caracterizado por la degeneración celular^(5,6). Es importante mencionar que aunque a la necrobiosis en algunas ocasiones es parte de un proceso fisiológico sus complicaciones requieren atención médica⁽⁶⁾.

La necrobiosis también se describe como un espectro de condiciones donde ocurre la muerte celular programada o no programada en tejidos, al mismo tiempo se considera una enfermedad rara en su aparición en la parte anterior de la tibia⁽⁵⁾. Esta degeneración puede ser causada por diversos factores, incluyendo isquemia, traumatismos, enfermedades autoinmunes, infecciones primarias o alteraciones metabólicas^(1,2). La pérdida de la integridad tisular, el riesgo de ulceración y la alteración de los mecanismos de defensa locales en las áreas de necrobiosis crean un ambiente propicio para la colonización e invasión por microorganismos oportunistas y patógenos primarios^(4,5). También se destaca que si esta patología se vuelve crónica, pudiera llegar a desarrollarse carcinoma de células escamosas⁽⁵⁾.

Para comprender mejor la etiología de la necrobiosis es importante saber los tipos de acuerdo a el mecanismo patológico y en lugar afectado⁽⁶⁾:

- Colágena: Ocurre en lo tejidos conectivos y se involucra la degeneración del colágeno.
- Lipoídica: Ocurre en la superficie cutánea que se presentan placas amarillentas, afectando lo piel y un factor importante la diabetes.
- Nerviosa: Se asocia principalmente a neuropatías como resultado de la degeneración progresiva de las fibras nerviosas⁽⁶⁾.

Ahora bien, esta patología al complicarse y al presentar el paciente una herida, es más susceptible de complicarse y generar una infección polimicrobiana, representando un desafío en el diagnóstico^(4,6). La interacción entre diferentes especies bacterianas puede exacerbar la destrucción tisular, alterar la respuesta inmune del huésped y dificultar la erradicación de la infección. Comprender la complejidad de estas infecciones mixtas es crucial para mejorar el manejo clínico y los resultados en pacientes con necrobiosis^(3,5,6).

El diagnóstico de la necrobiosis depende de varios requisitos, el médico especialista realiza la historia clínica, la exploración física, incluyendo algunas pruebas específicas, así como opcional una biopsia del tejido, estudio de imágenes y pruebas de laboratorio clínico y microbiológico⁽⁶⁾.

Cuando es una herida abierta o cerrada, pero que se está complicando, es necesario realizar un cultivo de la zona, para la toma de muestra es esencial conocer el tiempo de evolución⁽²⁾, el tratamiento antimicrobiano y las condiciones del paciente.

En un análisis microbiológico el correcto diagnóstico comienza desde la toma de muestra, esta se indica en aquellos pacientes que se sospeche de procesos infecciosos sistémicos o localizados⁽⁷⁾. La presencia de bacterias en las heridas crónicas favorece la constancia de la fase inflamatoria de la herida, lo que evita que se dé la fase proliferativa celular normal y por ende la cicatrización de la herida, además de que no siempre están implicadas las bacterias⁽⁸⁾.

Los diferentes signos que indican la presencia de un proceso infeccioso son: dolor localizado en la zona, se evidencia enrojecimiento, calor, exudado y edema. Puede acompañarse en algunos casos de secreción purulenta y eccema, por la presencia de uno o más bacterias. Una vez recolectada la muestra se realizan todas las pruebas de identificación bacteriana^(7,8).

Otro aspecto fundamental son los desafíos terapéuticos, el realizar la técnica de antibiograma para verificar la susceptibilidad a los antimicrobianos es: selección de antimicrobianos de amplio espectro, interacciones farmacológicas, resistencia antimicrobiana, formación de biopelículas, interacciones patógeno-patógeno, manejo del tejido necrótico, estado inmunológico del paciente, necesidad de terapias combinadas⁽⁹⁾.

PARTE EXPERIMENTAL

El objetivo del trabajo es determinar la frecuencia de cultivos mixtos de bacterias aisladas en pacientes que presentan necrobiosis.

La investigación se trata de un estudio transversal, descriptivo y comparativo del aislamiento de bacterias en muestras cultivadas de pacientes que acudieron a realizarse un cultivo microbiológico al laboratorio privado. Las muestras fueron recolectadas por el personal médico capacitado y con cédula profesional vigente. Se otorgó el consentimiento informado donde se explicó los procedimientos a realizar en el procesamiento de las muestras, además de que se indicó que se garantiza la confidencialidad y protección de los datos y solamente serán utilizados con fines de investigación, las medidas de bioseguridad en el procesamiento de todos los microorganismos procesados siguieron los lineamientos que marcan la Normas Oficiales Mexicanas (NOM), garantizando la seguridad y la calidad. Para el caso de los residuos biológicos procesados, se trabajaron de acuerdo con lo establecido en las NOM aplicables.

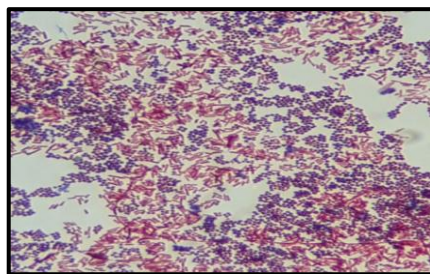
Metodología general:

- Recolección e identificación de las muestras de herida
- Aislamiento en medios de cultivos como: gelosa sangre, gelosa Mac Conkey, gelosa Sal y manitol
- Incubación durante 24 horas a $36\pm 1^{\circ}\text{C}$
- Realización de tinción Gram y pruebas bioquímicas para la identificación
- Identificación de género y especie
- Pruebas de susceptibilidad
- Vaciado de datos
- Procesamiento de los datos
- Interpretación de resultados.

RESULTADOS

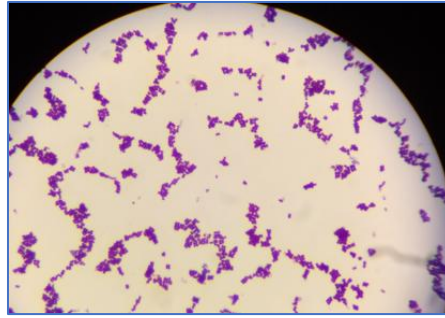
El total de las muestras analizadas fueron 40, todas estas cumplieron con el requisito de ser pacientes con necrobiosis, en los cultivos realizados se obtuvo un aislamiento del 100% de bacterias. De los medios de cultivo se realizó la tinción de Gram para comenzar el diagnóstico, dentro de los resultados obtenidos de la tinción y del crecimiento en los medios de cultivo de gelosa sangre, gelosa Mac Conkey y gelosa Sal y Manitol, se realizaron diferentes pruebas bioquímicas para la determinación de Género y Especie bacteriana. En la figura 1, se observa una tinción de Gram con Bacilos Gram negativos y cocos Gram positivos, observados a 100X.

Figura 1. Resultado de Tinción Gram realizada a los cultivos observándose bacterias mixtas, Gram positivas y negativas.



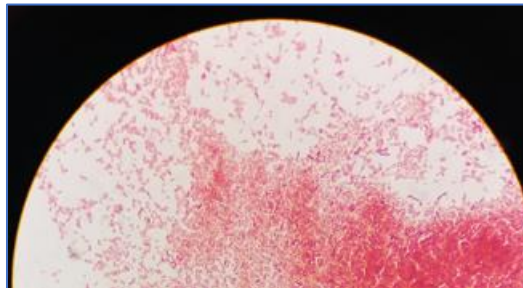
Fuente: Tomada en el Laboratorio particular.

Figura 2. Resultado de Tinción Gram realizada a los cultivos observándose cocos Gram positivos.



Fuente: Tomada en el Laboratorio particular.

Figura 3. Resultado de Tinción Gram realizada en cultivos se observa bacilos Gram negativos.



Fuente: Tomada en el Laboratorio particular.

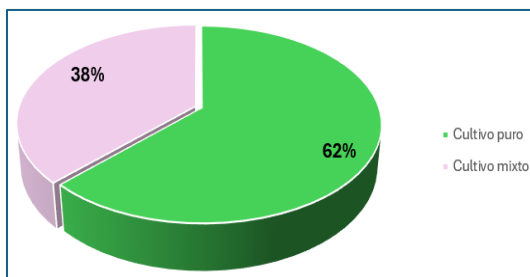
En la figura 4, se observa el crecimiento de una sola bacteria en gelosa sangre.



Fuente: Tomada en el Laboratorio particular.

Del total de las bacterias aisladas el 62.5% de las muestras solo corresponde a una sola bacteria aislada, y el otro 37.5% fue un aislamiento mixto, en la figura 5 se observa el porcentaje de resultados del aislamiento, es importante mencionar que un cultivo mixto es la presencia de más de una bacteria, una complicación de tener aislamientos mixtos se complica dado que son dos agentes patógenos presentes y el tratamiento no puede ser tan eficaz.

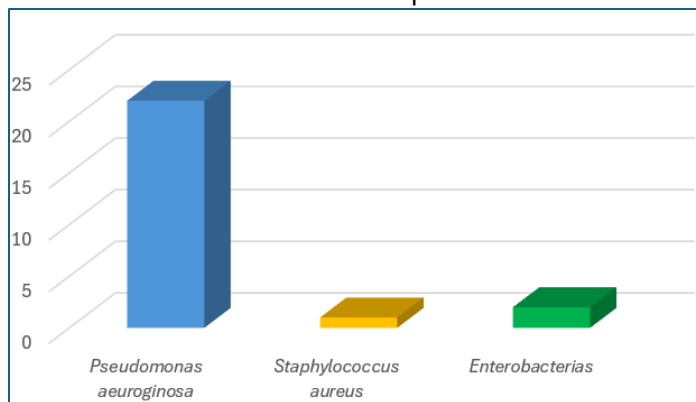
Figura 5. Porcentaje de aislamiento de bacterias en las muestras.



Fuente: Elaboración propia de los datos obtenidos de las muestras procesadas en el laboratorio.

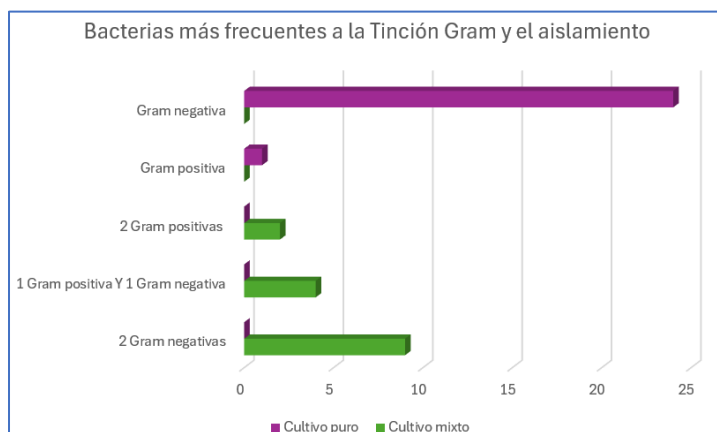
Dentro de las variedades de bacterias aisladas, se incluyen bacterias Grampositivas y Gramnegativas. Las bacterias aisladas son: *Staphylococcus aureus* es un 4%, en un 90% *Pseudomonas aeruginosa* y en un 6% enterobacterias, observar la frecuencia en la figura 6.

Figura 6. Frecuencia de bacterias aisladas en cultivos puros.



Fuente: Elaboración propia de los datos obtenidos de las muestras procesadas en el laboratorio.

Figura 7. Frecuencia de bacterias aisladas en los cultivos.



Fuente: Elaboración propia de los datos obtenidos de las muestras procesadas en el laboratorio.

En la combinación de infecciones mixtas se encontró que el 60% fueron dos bacterias negativas, el 26,6% una Gram negativa y una Gram positiva y el 13,3% dos bacterias positivas aisladas, la frecuencia se puede observar en la figura 7, además de las aisladas en los cultivos puros.

CONCLUSIONES

El diagnóstico preciso se dificulta por la superposición de signos y síntomas, la variabilidad en la presentación clínica y la necesidad de técnicas microbiológicas exhaustivas. El tratamiento se torna complejo debido a las posibles interacciones sinérgicas o antagónicas entre los patógenos, la resistencia antimicrobiana y la necesidad de terapias dirigidas a cada microorganismo involucrado, considerando además el estado inmunológico subyacente del paciente.

Las infecciones mixtas por patógenos son un problema frecuente y complejo en pacientes con necrobiosis. La identificación de los factores asociados a estas infecciones como las comorbilidades es crucial para mejorar el diagnóstico y el tratamiento de estos pacientes. El diagnóstico preciso requiere un alto índice de sospecha, la utilización de técnicas microbiológicas avanzadas y una interpretación cuidadosa de los resultados, el tener cultivos mixtos complica más el tratamiento de este tipo de infecciones. El tratamiento exige un enfoque individualizado y multidisciplinario, considerando el espectro de patógenos involucrados, sus posibles interacciones, los patrones de resistencia antimicrobiana y el estado inmunológico del paciente. Por lo que, se deben implementar más campañas de prevención y de seguimiento de este tipo de heridas, evitando disminuir la problemática de estas infecciones.

REFERENCIAS

1. Lepe K, Riley CA, Hash mi MF, Salazar FJ. Necrobiosis Lipoídica. 2024 Jun 22. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan–. PMID: 29083569. Recuperado a partir de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29083569/>
2. Conde ME. Necrobiosis lipoídica ulcerada: ¿qué es y cómo la tratamos?. Terapia avanzada. 2019; Recuperado a partir de: <https://elenaconde.com/necrobiosis-lipoidica-ulcerada-que-es-y-como-la-tratamos/>
3. Centro de Control de Enfermedades (CDC). La diabetes y los pies. 2024: Recuperado a partir de: <https://www.cdc.gov/diabetes/es/diabetes-complications/la-diabetes-y-los-pies.html>
4. Franklin C, Stoffels-Weindorf M, Hillen U, Dissemond J. Ulcerated necrobiosis Lipoídica as a rare cause for chronic leg ulcers: case report series of ten patients. Int Wound J. 2015 Oct;12(5):548-54. Recuperado a partir de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24119190/>
5. Lepe K, Riley CA, Hashmi MF, et al. Necrobiosis Lipoídica. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025: Recuperado a partir de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459318/>
6. Clínica Universidad de Navarra. Diccionario Médico Necrobiosis. 2023: Recuperado a partir de: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/necrobiosis#:~:text=Necrobiosis%20es%20un%20t%C3%A9rmino%20m%C3%A9dico,observarse%20en%20diversas%20condiciones%20m%C3%A9dicas.>
7. Prados SC. Toma de muestra para el cultivo microbiológico. Universidad de Barcelona. 2010; XXI (6) : 237 – 239: Recuperado a partir de: <https://www.revesppod.com/Documentos/ArticulosNew/X021012381050088X.pdf>
8. Martín-Saco G, Galán-Sánchez F, Mormeneo-Bayo S, Candel FJ, García-Lechuz JM. Diagnóstico microbiológico de las infecciones de heridas crónicas. García-Lechuz JM. Procedimientos en Microbiología Clínica. Cercenado Mansilla E, Cantón Moreno R. Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica (SEIMC). 2022: Recuperado a partir de: <https://seimc.org/contenidos/documentoscientificos/procedimientosmicrobiologia/seimc-procedimiento75.pdf>

9. Cercenado E, Saavedra-Lozano J. El antibiograma. Interpretación del antibiograma: conceptos generales (I). ELSEVIER. 2009:Vol7. Núm4. Páginas 214-217: Recuperado a partir de: <https://www.elsevier.es/es-revista-anales-pediatria-continuada-51-articulo-el-antibiogramainterpretacion-del-antibiograma-S1696281809719274>

IMPLEMENTACIÓN DE ACTIVACIÓN FÍSICA (CAMINATA 10,000 PASOS) EN PARÁMETROS Y BIOQUÍMICOS DE DOCENTES UNIVERSITARIOS

Lizet García Ríos¹, José Arias Rico¹, Esther Ramírez Moreno¹, Eli Mireya Sandoval Gallegos¹, Rosa María Baltazar Téllez¹ y Zuli Guadalupe Calderón Ramos¹

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
josearias.rico@hotmail.com.

RESUMEN

La inactividad física conlleva a desarrollar enfermedades no transmisibles, los docentes son una profesión de población vulnerable debido al tipo de actividades que desempeñan (Vidarte, 2011; Viadas R., 2023). Esto es relevante para la medicina y ciencias de la salud, ya que mantener poblaciones sanas puede ser un fin de la salud pública. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los cambios en los parámetros antropométricos (IMC, composición corporal) y bioquímicos (glucosa, colesterol, triglicéridos, HDL, LDL) en los docentes que realizaron una intervención de actividad física con 10,000 pasos diarios. Metodología: Esta, es una investigación de tipo cuasi experimental, prospectiva. La selección de la muestra se realizó a conveniencia, no probabilística, representativa de docentes entre 25-59 años de 3 institutos de la Universidad del Estado de Hidalgo (n=21), para participar en el incremento de actividad física con 10,000 pasos diarios durante 14 semanas. Se llevó a cabo la evaluación final de las evaluaciones agrupando a los participantes conforme al alcance de pasos (4000 a 7000 pasos y 7 a 10000 pasos). Los parámetros bioquímicos fueron determinados por análisis en laboratorio Spinreact de suero obtenido de los participantes y la antropometría con el equipo de bioimpedancia eléctrica Bod Pod. Los resultados obtenidos se analizaron mediante el programa de Stata versión 14. Las variables se expresaron con la media y DE, la normalidad de variables se evaluó mediante la prueba de Shapiro Wilk, mientras que el análisis multivariado se realizó con una t-student para muestras pareadas con un nivel de significancia ($p < 0.05$).

Resultados: Los parámetros bioquímicos no sufrieron cambios significativos. En el grupo de docentes (7,000 a 10,000 pasos n= 14) se obtuvo la disminución del porcentaje de grasa corporal, el peso y la mejora en el IMC. En el grupo de docentes (4,000 a 7,000 pasos n=7) presentaron un incremento de HDL-colesterol. Lo anterior es importante debido a que incremento de la actividad física produce una tendencia favorable de mejora en la oxidación de HDL y disminución en las LDL (Viadas et al., 2023). Conclusión: El incremento de la actividad física, con la utilización de caminatas como el conteo de pasos se produce mejoras en los parámetros antropométricos y bioquímicos impactando de manera importante la salud de los docentes y estos cambios se correlacionan con el número de pasos. Por lo que como recomendación general es completar entre 7000 a 10000 pasos para lograr mejoras sustanciales en la salud.

INTRODUCCIÓN

Existen diferentes estudios en los cuales se buscan diferentes respuestas entre la asociación entre el conteo de pasos diarios y los beneficios de la salud. Una revisión sistemática de la asociación del conteo de pasos diarios con riesgos de mortalidad, enfermedad cardiovascular y disglucemia en la cual se evaluaron 17 artículos, demostró que existe evidencia consistente de que a partir de un incremento de 1,000 pasos diarios por día, se reducen diferentes riesgos en salud, y que estos beneficios se encuentran por debajo de los 10,000 pasos diarios, demostrando también que el conteo de pasos diarios y la relación con la salud es una nueva área de investigación, haciendo referencia a la necesidad de generar investigación para construir evidencia en torno a la asociación de pasos diarios con salud.

Se ha demostrado que los adultos con Diabetes tipo 2 se involucran en niveles más altos de comportamiento sedentario, que aquellos con un metabolismo normal de glucosa, la disminución de

sedentarismo mejora la salud cardio metabólica, y el aumento de actividad física tiene potencial mejora en el control glucémico.

Actualmente se cuenta con apps móviles que favorecen la actividad física, repercutiendo en la salud de los usuarios, con la mejora de la actividad física y la pérdida de peso corporal, por tanto se reconoce que los dispositivos móviles son un potente recurso para la mejora y aumento de la práctica deportiva, son motivacionales, favorecen el tratamiento de la diabetes tipo 2 y la obesidad. Una intervención realizada en Australia proporciono información sobre el compromiso que se mantiene al realizar actividad física, cuando se monitorea con y sin aplicaciones de teléfonos inteligentes, demostrando que la utilización de app para el monitoreo de actividad física es una herramienta poderosa para el seguimiento a estas intervenciones.

Existe evidencia de diferentes estrategias promueven la realización de los 10,000 pasos diarios, para combatir el sedentarismo, entre ellas a nivel Federal el ISSSTE, lanza la campaña, "3 x 1 = 3 por mi salud" dirigida a derechohabientes, en la cual busca promover estilos de vida saludables entre ellos, fomentar la actividad física, mediante la realización de los 10,000 pasos diarios.

Otro estudio que buscaba medir cuantos pasos son necesarios para un adulto, demuestra que los adultos sanos pueden dar entre 4,000 y 18,000 pasos/día aproximadamente, que los 10 000 pasos/día es un objetivo razonable para adultos sanos. sugiere precisión de cualquier estimación y aconseja ser prescriptivos al momento de especificar la cantidad mínimas de tiempo de actividad física moderada o vigorosa, hace referencia que aproximadamente de 7,000 - 8,000 pasos/día es un numero razonable de actividad física que se realice diariamente, que además cumple con recomendaciones de salud pública, sin embargo, al mismo tiempo, es posible que no cumpla con las pautas actuales de AF recomendadas por la OMS, ya que deben de cumplir con una intensidad moderada. Los adultos sanos puedan dar entre 4.000 y 18,000 pasos/día aproximadamente, y que 10,000 pasos/día es un objetivo razonable para adultos sanos.

En el 2015 inicia el programa Reta "Ya Bájale" en la cual, programa llevado a cabo a nivel Estatal por la Secretaria de salud del Estado de Hidalgo, el cual buscaba fomentar la adopción de hábitos saludables hacia el personal adscrito institucional, este programa contemplaba, cambios en el estilo de vida, dentro de los cuales la promoción de actividad física, en esta estrategia se utilizaron podómetros para motivar al personal a la realización de activación física, buscando el conteo de los 10, 000 pasos diarios. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la estrategia de los 10,000 pasos diarios en parámetros biomédicos de docentes de la UAEH en 2023.

TEORÍA

En la actualidad 7 de las 10 principales causas de muerte en el mundo son las enfermedades no trasmisibles las cuales equivalen al 70% de muertes, siendo la mayor causa de defunción de ENT la cardiopatía isquémica responsable del 16% del total de muertes.

La actividad física insuficiente constituye el cuarto factor de riesgo más importante a nivel mundial, provocando el 6% de todas las muertes, dato importante y relevante cabe mencionar que para el año 2018 solo cerca del 27.5% de la población total llevaban a cabo las recomendaciones mundiales de la OMS 2010 sobre actividad física.

En el año 2021, INEGI reporta en sus resultados del MOPRADEF que solo el 39.6% de la población mexicana de 18 y más años se considera activo físicamente, de los cuales el 73.9% y que el principal motivo de realizar actividades por salud.

Los índices de Obesidad, se han incrementado a nivel mundial desde hace más de 40 años, afectando a uno de cada 3 adultos. En adultos mayores de 18 años la prevalencia de obesidad a nivel mundial para 2014 fue de 39% de sobrepeso y 13% de obesidad. En el año 2020 México ocupa el quinto lugar de obesidad en la tabla de países que tienen mayor población con este problema, cifra que se espera se continúe incrementado.

Según la ENSANUT 2021 sobre Covid-19, uno de cada cuatro personas con 60 años o más de vida tienen diabetes diagnosticada, el 30% de los adultos que viven con diabetes en México desconocen su condición, la prevalencia por diagnóstico médico previo de hipertensión en nuestro país fue de 15.7%, mayor en las mujeres 17.6%, que en los hombres la cual fue de 13.8%.

Para Julio 2021 INEGI describe las 3 principales causas de muerte en Hidalgo, siendo la primera Covid-19, con 5,575 fallecimientos, haciendo referencia que las causas más relevantes de presentar riesgo de mortalidad se encuentra la obesidad, son seguida como segunda causa de mortalidad enfermedades del corazón con 5,353 y en tercer lugar de causa se encuentra la diabetes mellitus con un total de 3,056 decesos. Las enfermedades crónicas no transmisibles son un problema de salud pública alcanzando hasta el 79% de muertes a nivel mundial.

Las conductas sedentarias se asocian al incremento de prevalencia de obesidad en la población generando mayores riesgos de enfermedades crónicas no transmisibles, como enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2 entre otras.

Realizar estrategias que promuevan la activación física es una acción primordial, para combatir las bajas cifras, que para el 2020 reportaban que solo el 39.6% de la población mexicana es activa física.

Consideramos el conteo de pasos diarios como estrategia ya que es una métrica intuitiva que ha demostrado éxito en motivar la activación física en adultos y por tanto puede tener potencial alcance para futuras recomendaciones de actividad física de salud pública, además el utilizar una aplicación móvil para el monitoreo diario de ejercicio entre el participante y el investigador.

Los docentes son una población vulnerable a riesgo sedentario por su labor, ya que pueden pasar varias horas sentados al día, con poco movimiento corporal, no alcanzando así las recomendaciones que marca la OMS, la OMS recomienda al menos entre 150 y 300 minutos de actividad aeróbica moderada a la semana, para todos los adultos, lograr los 9,150 a 10,150 pasos/día, en al menos 3 días de la semana agregando 3,250 pasos/día a una intensidad moderada, cumple con las recomendaciones actuales de la OMS.

Esta estrategia demostrara que cumplir los 10,000 pasos diarios tiene un impacto positivo en la salud aportando importantes beneficios para el corazón y contribuir a la prevención y gestión de enfermedades no transmisibles como las enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2.

PARTE EXPERIMENTAL

Este es un estudio de investigación epidemiológica, tipo observacional, longitudinal, realizado en docentes de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo entre 25 a 59 años de edad

Se realizó una intervención con una estrategia de los 10.000 pasos diarios dirigida a docentes de la UAEH la cual tuvo una duración de 14 semanas, la muestra fue reclutada de forma voluntaria a conveniencia, representativa de 3 campus de la UAEH, fue seleccionada en base a los siguientes criterios de inclusión: 1.- Ser docente de UAEH perteneciente a cualquiera de los 3 campus ya mencionados 2.- Edad de entre 25 a 59 años de edad 3.- Firma del consentimiento informado 4.- Compromiso necesario de realizar caminata exclusiva 35 minutos diarios a paso rápido además de mantenerse en movimiento para alcanzar los 10,000 pasos diarios 5.- Contar con la aplicación "Google Fit" instalada en sus dispositivos móviles 6.- Declararse no activos es decir no realizar como mínimo 150 minutos de actividad física de intensidad moderada o vigorosa por semana o bien que dedique 35 minutos diarios exclusivos de actividad física en 4 diferentes días de la semana 7.- Contar con pulsera digital para el conteo de pasos diarios(marcas específicas). Criterios de exclusión: 1.- Ser persona activa física, 2.- pos infartados.

Una vez seleccionada la muestra se llevó a cabo la primera medición basal en la cual se conoció el estado de salud inicial de los participantes con los siguientes parámetros: 1.- Antropométricos que como la toma de peso, circunferencia de cintura, composición corporal, % de grasa, % de masa libre

de grasa, 2.- Bioquímicos, glucosa, colesterol total, DHL, LDL, Triglicéridos, 3.- Evaluación de la función cardiovascular, toma de presión arterial, frecuencia cardíaca, electrocardiograma, y prueba de esfuerzo.

Con la realización de la primera evaluación se dio arranque a la estrategia de 10,000 pasos, siendo monitoreada semanalmente por medio de la aplicación Google fit, al paso de 7 semanas se realizó una evaluación intermedia en la cual únicamente se tomaron parámetros antropométricos, y en cuanto al alcance diario de pasos realizados, se formaron 2 grupos, aquellos que lograron los 10,000 pasos diarios y aquellos que únicamente alcanzaron los 7,000 pasos diarios, además de que se eliminaron participantes en base a los siguientes criterios de eliminación: 1.- No demostrar compromiso a la investigación 2.- Manifiesten lesión que les impida realizar actividad física 3.- Decisión voluntaria de abandonar la estrategia.

A las 14 semanas de la estrategia se llevó a cabo nuevamente la toma de los siguientes parámetros: 1.-Antropométricos toma de peso, circunferencia de cintura, composición corporal, % de grasa, % de masa libre de grasa, 2.- Bioquímicos, glucosa, colesterol total, DHL, LDL, Triglicéridos, 3.- Evaluación de la función cardiovascular, con presión arterial, frecuencia cardíaca, electrocardiograma, y prueba de esfuerzo

Los resultados de la investigación fueron capturados en formato de forma manual y digital de las 3 evaluaciones para posteriormente ser analizados y conocer el resultado sobre el impacto que se obtuvo en la salud de los participantes al realizar los 10,000 pasos diarios.

Los datos fueron capturados en un Software SPSS 21. El análisis descriptivo fue por medio de medias y DE, El análisis multivariado fue realizado con la prueba de T Student.

Ley de Helsinki: consentimiento informado haciendo del conocimiento del participante la información del estudio. Ley General en Salud en Materia de Investigación: Artículo 17.- Investigación de riesgo mínimo. Código de ética del personal y alumnado UAEH: Artículo 13.- La universidad es promotora de una cultura y vida saludable.

RESULTADOS

Se obtuvieron 40 registros de docentes de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo los cuales tenían una edad promedio de 42 años. De estos registros sólo fueron considerados para la muestra de estudio 35 individuos, ya que se excluyeron individuos que ya realizaban actividad física.

Una vez seleccionada la muestra se llevó a cabo la primera evaluación basal, con la obtención de los parámetros biomédicos, y se dio arranque la estrategia de alcance de 10,000 pasos diarios, la cual tuvo una duración de 14 semanas, siendo monitoreada de forma semanal por medio de la aplicación Google fit. Solo el 60% (n=23) de sujetos participantes concluyó con las dos evaluaciones completas de los diferentes parámetros, siendo el 65% de sexo femenino y el 35% masculino.

Al término de las semanas ya mencionadas se realizaron las evaluaciones nuevamente, y se agrupó a los participantes por alcance de pasos diarios, formando 2 grupos, con el fin de realizar una asociación estadística, aquellos que alcanzaron los 7,000 - 10,000 pasos diarios y aquellos que alcanzaron pasos por debajo de los 6,999. En cuanto al incremento de actividad física en este estudio el 60% de los participantes que concluyeron alcanzó la meta de pasos.

Parámetros antropométricos

Al término de las 14 semanas de intervención, se observó que en el grupo que alcanzó entre los 7,000 y los 10,000 pasos diarios se presentó una disminución del peso, IMC y consecuentemente la disminución del porcentaje de grasa corporal, encontrando estadísticamente una diferencia media significativa. El incremento de actividad física (AF) con aumento en número de pasos diarios por encima de 7,000 mejora la composición corporal, al igual que otros programas de intervención en los que se incrementa la actividad física (AF) como en el de Sánchez et al en 2014 en el cual se llevó a cabo un programa estructurado de actividad física en 10 pacientes con obesidad mórbida, con duración de 12 semanas, en el que también se obtuvieron mejoras en composición corporal. En

cuanto al grupo que alcanzó entre 4,990 - 6,990, el peso corporal no mostró significancia estadística, el porcentaje de grasa corporal mostró incremento.

Parámetros bioquímicos

Al término de las 14 semanas, en la evaluación final los niveles de triglicéridos presentaron una ligera tendencia a la disminución en los dos grupos, sin embargo, el cambio no fue significativo.

En el Colesterol HDL, se presentó mejora significativa en el grupo de alcance entre 4,990 -6,990 pasos diarios, la actividad física mejora la calidad de partículas HDL.

Parámetros cardiovasculares

En cuanto a los resultados observados en presión arterial, se observó una tendencia en la disminución de presión arterial diastólica en los dos grupos de participantes, al incremento de pasos diarios ($p=0.011$).

Parámetros dietéticos

En relación con la evaluación basal de hábitos con el recordatorio de 24 horas, se encontró que el 90% de los participantes realizaban desayuno diariamente sin embargo el 80% de esos desayunos eran comprados en áreas cercanas a su centro de trabajo, lo cual no permitía tener opciones saludables. La mayor parte de los puestos de comida, incluyen preparaciones de alimentos con alto contenido calórico, grasa y sodio como tamales, taquitos, tortas entre otros.

Las diferencias en las medias basal y final en los parámetros dietéticos no fueron significativas. Sin embargo, se presentó una mejoría en los hábitos alimenticios, como un incremento en la realización del desayuno diario, incrementando el número de tiempos de comida hasta 5 comidas al día y cenas preparadas en casa.

CONCLUSIONES

La cantidad ideal de pasos puede variar según la edad, condición física y otros factores individuales. Cualquier incremento de actividad física, independientemente de si se alcanzan los 10,000 pasos, puede ser beneficioso generando cambios positivos significativos a la salud, el proponer un número específico de pasos como meta al igual que una actividad física programada, resulta motivador para lograr un incremento en la actividad física. Monitorear la AF mediante aplicaciones y dispositivos digitales, auto controlando y monitoreando, motiva a lograr metas y mejoras en resultados.

BIBLIOGRAFÍA

1. OMS. La OMS revela las principales causas de muerte y discapacidad en el mundo: 2000-2019 [Internet]. 2020 [cited 2022 Oct 19]. Available from: <https://www.who.int/es/news/item/09-12-2020-who-reveals-leading-causes-of-death-and-disability-worldwide-2000-2019>
2. OPS. Enfermedades No Transmisibles [Internet]. Available from: <https://www.paho.org/es/temas/enfermedades-no-transmisibles>
3. OMS. Las 10 principales causas de defunción. OMS. 2020.
4. Álvarez Condo Graciela, Guadalupe Vargas Mariana, Morales Murillo Herminia, Robles Amaya Junes. El sedentarismo y la actividad física en trabajadores administrativos del sector público. Revista Ciencia UNEMI [Internet]. 2014 Dec 21;9. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=582661267010>
5. Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1·9 million participants. Lancet Glob Health. 2018 Oct 1;6(10):e1077–86.
6. Malo Serrano M, Castillo M. N, Pajita D. D. La obesidad en el mundo. Anales de la Facultad de Medicina. 2017 Jul 17;78(2):67.
7. Barquera S, Hernández-Barrera L, Trejo-Valdivia B, Shamah T, Campos-Nonato I, Rivera-Dommarco J. Obesidad en México, prevalencia y tendencias en adultos. Ensanut 2018-19. Salud Publica Mex. 2020;62(6):682–92.

- Hall KS, Hyde ET, Bassett DR, Carlson SA, Carnethon MR, Ekelund U, et al. Systematic review of the prospective association of daily step counts with risk of mortality, cardiovascular disease, and dysglycemia. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2020 Jun 20;17(1).
8. Brakenridge CJ, Gardiner PA, Grigg R v., Winkler EAH, Fjeldsoe BS, Schaumberg MA, et al. Sitting less and moving more for improved metabolic and brain health in type 2 diabetes: 'OPTIMISE your health' trial protocol. *BMC Public Health*. 2022 Dec 1;22(1).
9. Díaz IA, Pilar M, Reche C, Manuel J, Torres T, María J, et al. Impacto de las apps móviles en la actividad física: un meta-análisis Impact of mobile apps on physical activity: A meta-analysis [Internet]. 2019. Available from: www.retos.org
10. Guertler D, Vandelanotte C, Kirwan M, Duncan MJ. Engagement and nonusage attrition with a free physical activity promotion program: The case of 10,000 steps Australia. *J Med Internet Res*. 2015 Jul 1;17(7).
11. ISSSTE. Promueve el ISSSTE nuevas acciones contra el sobrepeso y obesidad [Internet]. ISSSTE. 2021 [cited 2022 Oct 19]. Available from: <https://www.gob.mx/issste/prensa/promueve-el-issste-nuevas-acciones-contra-el-sobrepeso-y-obesidad>
12. Tudor-Locke C, Craig CL, Brown WJ, Clemes SA, de Cocker K, Giles-Corti B, et al. How many steps/day are enough? for adults. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2011 Jul 28;8.
13. Tudor-Locke C. Steps to Better Cardiovascular Health: How Many Steps Does It Take to Achieve Good Health and How Confident Are We in This Number? Vol. 4, *Current Cardiovascular Risk Reports*. 2010. p. 271–6.
14. Tudor-Locke C, Hatano Y, Pangrazi RP, Kang M. Revisiting “how many steps are enough?” *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(7 SUPPL.1).
15. Menaspà P. Effortless activity tracking with Google Fit. *Br J Sports Med* [Internet]. 2015 Dec 1 [cited 2022 Oct 19];49(24):1598–1598. Available from: <https://bjsm.bmj.com/content/49/24/1598>
16. Kraus WE, Janz KF, Powell KE, Campbell WW, Jakicic JM, Troiano RP, et al. Daily Step Counts for Measuring Physical Activity Exposure and Its Relation to Health. *Med Sci Sports Exerc*. 2019 Jun 1;51(6):1206–12.
17. Nagovitsyn RS, Osipov AY, Ratmanskaya TI, Loginov DV, Prikhodov DS. The program for monitoring students' walking and running according to the system “10,000 steps a day” during the spread of COVID-19. *Journal of Human Sport and Exercise*. 2021;16(Proc3):S864–73.

ANÁLISIS DEL GESTO TÉCNICO DEPORTIVO EN UN ATLETA DE HALTEROFILIA DE ALTO RENDIMIENTO: CINEMÁTICA DEL ARRANQUE Y ENVIÓN

Israel Miguel Andrés¹, Luis Angel Ortiz Lango¹, Juan Carlos García Valadez¹, Jorge Armando Ramos Frutos¹, Roberto Abdiel Sánchez Negrete¹ y Agustín Vidal Lesso²

¹ Laboratorio Nacional CONAHCYT en Biomecánica del Cuerpo Humano, CIATEC, A.C., ² División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato
imiguel@ciatec.mx

RESUMEN

El levantamiento de pesas o halterofilia es una disciplina deportiva donde conseguir el máximo de resultados se requiere del perfeccionamiento técnico, del desarrollo de las capacidades físicas del atleta, sobre todo la fuerza, pero resalta que esa fuerza debe ser aplicada con precisión en los diferentes instantes que componen los movimientos. La estructura corporal (sistema músculo-esquelético) del ser humano no está diseñado para manipular grandes pesos, por lo que una mala ejecución de la técnica puede producir lesiones en los deportistas. El objetivo de este estudio fue evaluar el gesto técnico deportivo del movimiento de arranque y envión en un atleta de halterofilia de alto rendimiento. Esto con el propósito de poder identificar si existen grados de asimetría que pudieran representar un riesgo a futuro para el deportista. Un atleta del género femenino, con 18 años de edad, masa corporal de 50 kg y altura de 1.51 m participó en las evaluaciones. Las mediciones se realizaron con la ayuda de un sistema de captura de movimiento optoelectrónico (VICON) y unos marcadores reflejantes colocados en el atleta. Además, se colocaron dos marcadores en los extremos de la barra para determinar el grado de inclinación durante los movimientos. En ambos gestos técnicos (arranque y envión) la atleta levantó tres cargas de 15, 35 y 45 kg en diferentes sesiones. Para cada peso establecido se evaluaron tres repeticiones y se dio un tiempo de 3 minutos de descanso entre repeticiones para evitar problemas de fatiga muscular. Los resultados muestran que conforme se incrementa el peso en la barra, los movimientos o el gesto técnico del atleta tiende a ser más inestable. Esto se debe principalmente a que el atleta requiere de un mayor esfuerzo para controlar el peso en la barra. Los resultados contribuyen en el mejor entendimiento del gesto técnico de halterofilia y buscan potencializar sus habilidades técnicas del atleta sin comprometer su integridad física.

INTRODUCCIÓN

El levantamiento de pesas o halterofilia se ha popularizado en los últimos años. Este deporte ha sido de mucho interés para los investigadores y ha sido estudiado durante muchos años. Uno de los principales propósitos por los que se estudia este deporte es por el elevado número de lesiones que presentan los deportistas en la región lumbar. Aunque se han desarrollado diferentes estudios sobre la biomecánica del levantamiento de pesas, todavía no queda claro la adecuada ejecución del gesto técnico deportivo de esta disciplina. El levantamiento de peso se puede lograr empleando diferentes técnicas. Cada técnica produce una cantidad particular de tensión en las vértebras de la columna. Los discos intervertebrales del adulto no poseen vasos sanguíneos, por lo que estos, se alimentan de sustancias nutritivas por difusión [1,2].

El levantamiento de pesas es una disciplina deportiva que para conseguir el máximo de resultados se requiere del perfeccionamiento técnico, del desarrollo de las capacidades físicas del atleta, sobre todo la fuerza, pero resalta que esa fuerza debe ser aplicada con precisión en los diferentes instantes que componen los movimientos. La estructura corporal del ser humano no está diseñada para manipular grandes pesos, por lo que una mala ejecución de la técnica puede producir alguna lesión en el deportista. Dependiendo la orientación de las fibras, existen algunos músculos de fuerza y otros de velocidad. Los músculos que se insertan muy cerca de las articulaciones y las palancas óseas realizan la mayor parte de los movimientos, no son de fuerza sino de velocidad [3,4].

El arranque consiste en levantar la barra desde el suelo hasta por encima de la cabeza con una completa extensión de los brazos en una sentadilla, todo en un solo movimiento. La barra se coloca

horizontalmente delante de las piernas, se sujeta con las manos en pronación y es alzada en un solo movimiento desde la plataforma hasta la completa extensión de los brazos verticalmente sobre la cabeza.

El ejercicio de envión consiste en levantar la barra desde el suelo hasta los hombros en una sentadilla. Posteriormente, se recupera en una posición de pie, para iniciar la segunda fase (segundo jalón), realizando una flexión de las piernas empujando la barra por encima de la cabeza con una tijera al mismo tiempo. Finalmente, se recupera colocando los pies en paralelo para poder descender la barra al suelo.

En las competencias olímpicas del levantamiento de pesas, se presentan lesiones en los atletas en regiones como la muñeca, codos, los hombros y rodillas. El entrenador o fisioterapeuta debe ser capaz de determinar si la lesión está relacionada con el peso empleado en el programa de entrenamiento y si el programa puede ser modificado para prevenir lesiones [5]. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue analizar las condiciones físicas del atleta de alto rendimiento a través de la valoración clínica-biomecánica del gesto deportivo, para determinar parámetros biomecánicos que pudieran mejorar del rendimiento físico y técnico del atleta.

TEORÍA

Biomecánica de la articulación del hombro

El esqueleto del complejo articular del hombro está constituido por tres huesos principales: la clavícula, la escápula y el húmero. La clavícula y la escápula forman la cintura escapular, donde se articula el húmero formando la articulación glenohumeral, principal articulación de la cintura escapular. El húmero es el brazo de palanca proximal del miembro superior. El hombro es una estructura compleja en su anatomía y su función; corresponde a la articulación más móvil de todo el cuerpo y está contenido en la cintura escapular que conecta la extremidad superior con el esqueleto axial [6–9]. A continuación, se presentan los movimientos del hombro.

Abducción-aducción

Abducción: es el movimiento lateral del húmero que aleja la extremidad superior del tronco, se realiza en el plano frontal en torno al eje anteroposterior, y comienza en la posición neutral y concluye a los 180° verticales superiormente; sin embargo, a partir de los 90° la abducción aproxima el miembro superior al plano de simetría del cuerpo, convirtiéndose, en sentido estricto, en una aducción. Desde la posición anatómica pasa por tres estadios: a) de 0 a 60°, se efectúa únicamente con la articulación glenohumeral; b) de 60 a 120°, necesita la participación de la articulación escapulotorácica; y c) de 120 a 180°, que involucra a la articulación glenohumeral, escapulotorácica e inclinación del lado opuesto del tronco.

Aducción: es el movimiento medial del húmero en el plano frontal. Es el regreso a la posición neutral partiendo de la abducción. Los movimientos de aducción se llevan a cabo desde la posición anatómica, pero son mecánicamente imposibles por la presencia del tronco. La aducción no es factible si no se asocia con una extensión o flexión.

Flexión-extensión

Flexión: es el movimiento anterior del húmero, que se realiza en el plano sagital. Este movimiento resulta de la acción de la cintura escapular y la articulación glenohumeral. Partiendo de la posición neutral, en los primeros 120° tiene mayor actuación la articulación glenohumeral, los siguientes 60° se dan por una abducción y protracción escapular. Sin embargo, la participación suele ser simultánea y armoniosa entre las articulaciones glenohumeral, escapulotorácica y en menor grado la columna vertebral.

Extensión: es el movimiento del húmero en su parte posterior dentro del plano sagital. En la presencia de la flexión del codo hay mayor grado de extensión debido a la disminución de la tracción del bíceps braquial. Además, se produce una aducción escapular en el plano frontal y requiere la participación

principalmente de la articulación glenohumeral, escapulotorácica y en menor medida de la columna vertebral.

Rotación interna-externa

Rotación externa: el húmero gira sobre su eje longitudinal, en el plano horizontal, donde la superficie anterior del húmero va hacia afuera. Es un movimiento conjunto de la articulación glenohumeral, escapulotorácica e inclinación de la columna vertebral. La amplitud del movimiento dependerá del plano anatómico en el que se realiza el movimiento, en el plano frontal alcanza los 70°, y se ve reducida de 15 a 20° en el plano sagital con la posición del brazo a 90°.

Rotación interna: de igual manera, el húmero gira sobre el eje longitudinal. Al realizar la rotación se produce una abducción escapular, involucra la participación, en mayor medida, de la articulación glenohumeral y en menor grado la escapulotorácica. Partiendo de una posición neutra se llegan a alcanzar los 110°; en una abducción en el plano frontal alcanza los 30° y en el plano sagital a 90° se llega de los 120 a 130° [6–9].

PARTE EXPERIMENTAL

Un atleta de alto rendimiento con una edad de 18 años, masa corporal de 50 kg y altura de 1.51 metros participó en la investigación. Se le informó previo a las pruebas, el uso de ropa cómoda para no intervenir con la ejecución de los ejercicios, ni con la instrumentación de los marcadores. Una vez en el laboratorio, se le explicó al deportista el funcionamiento del sistema a implementar para el desarrollo de las mediciones (VICON). Los procedimientos, riesgos y beneficios fueron explicados a fin de obtener su consentimiento de participación voluntaria y por escrito, de acuerdo a la Ley General de Salud de México, y cuidando los principios de la Declaración de Helsinki.

Primero, se realizó la configuración y calibración de las cámaras infrarrojas del sistema de captura de movimiento VICON. Posteriormente, se colocaron marcadores reflejantes (10 mm de diámetro) sobre las extremidades superiores, en puntos de referencia óseos anatómicos del participante. Los marcadores fueron adheridos a la piel con cinta adhesiva doble cara siguiendo el manual de VICON y se utilizó la plantilla PlugInGait FullBody para etiquetar los marcadores. La Figura 1 muestra la ubicación anatómica de los marcadores sobre la estructura corporal.



Figura 1. Colocación de marcadores reflejantes sobre la estructura corporal del atleta. Vista posterior.

Se evaluaron ejercicios de arranque y envión con diferentes cargas. En ambas pruebas se levantaron cargas de 15 kg (barra), posteriormente, 35 kg y finalmente, 45 kg. Todas ellas en tres repeticiones.

RESULTADOS

Movimiento de Arranque

La Figura 2 muestra a la participante durante el movimiento de arranque con un peso de 15 kg. La trayectoria de la barra se puede apreciar con los marcadores de color azul colocados a los costados

de la reconstrucción tridimensional de la atleta en la interfaz del software de VICON. El lado derecho del atleta está representado por el color verde y el lado izquierdo de color rojo. En la parte inferior de la Figura 2 se encuentra el movimiento tridimensional de la barra en los ejes coordenados X, Y y Z. Las trayectorias de color azul son para el marcador del lado izquierdo de la barra y las líneas de color verde son para el marcador derecho de la barra. Es evidente de los datos (desplazamiento en eje Z), que existen tres repeticiones del movimiento de arranque. Además, se puede apreciar que la tercera repetición se prolongó un poco más en relación con las dos primera repeticiones, ver Figura 2. Esta pequeña prolongación del movimiento genera un pequeño grado de asimetría en el eje Y de la barra en ese mismo instante.

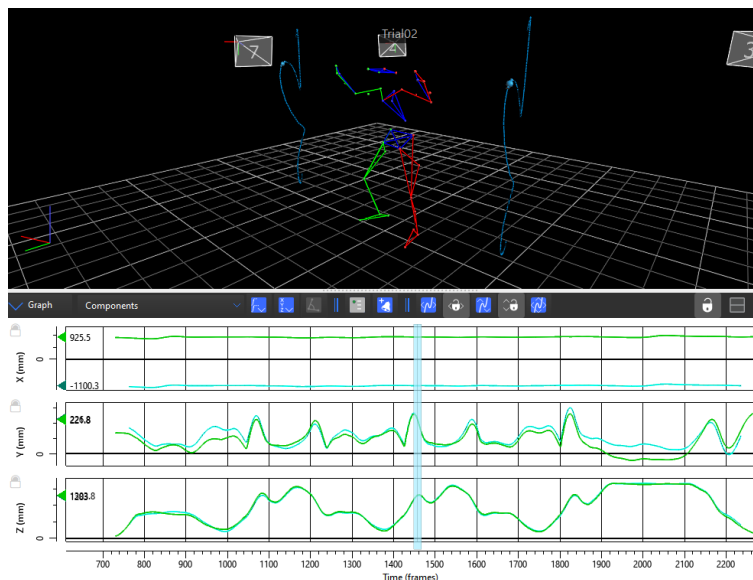


Figura 2. Movimiento de la barra en sus tres ejes coordenados durante la sesión en arranque con 15 kg en tres repeticiones.

La Figura 3 muestra la reconstrucción tridimensional del atleta y la trayectoria tridimensional de la barra o marcadores en los extremos de la misma. De la misma manera que la prueba anterior, se realizaron tres repeticiones, pero con un peso de 35 kg. Esto se puede apreciar en el desplazamiento de los marcadores en el eje Z. Además, se puede apreciar que existe un buen grado de simetría al momento de levantar la barra. El eje Y demuestra un poco de inestabilidad de la barra, donde se puede apreciar que el movimiento de la barra en este eje no es completamente simétrico. Ese movimiento (eje Y) se puede identificar como inclinación de la barra hacia adelante o hacia atrás del atleta.

La Figura 4 presenta la reconstrucción del atleta en el punto más elevado de la barra, durante el ejercicio de arranque con un peso de 45 kg. Las gráficas del movimiento tridimensional de la barra muestran claramente las tres repeticiones del movimiento. Además, el eje Z muestra un buen grado de simetría entre el lado izquierdo y derecho de la barra. Por el contrario, el eje Y muestra un patrón no tan simétrico, sobre todo en la segunda repetición del movimiento. En este movimiento el tiempo para sostener la barra en la parte más alta fue relativamente más corto que en los otros dos movimientos.

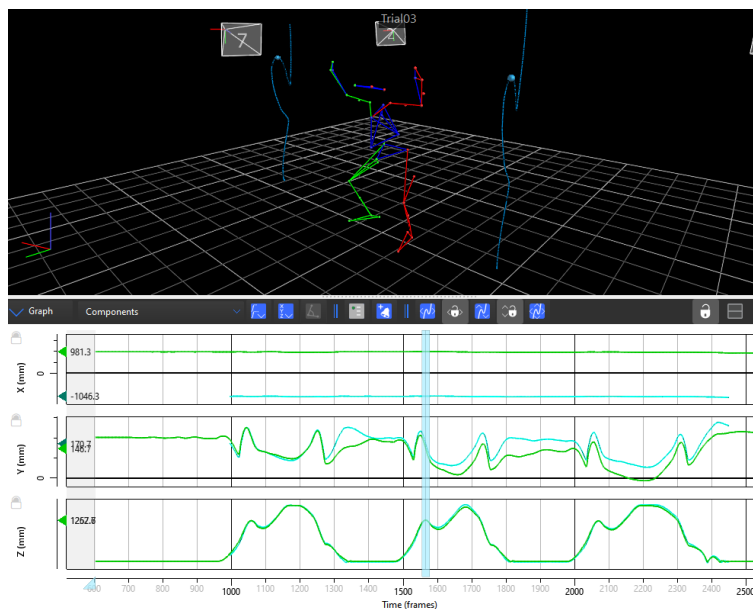


Figura 3. Movimiento de la barra en sus tres ejes coordenados durante la sesión en arranque con 35 kg en tres repeticiones.

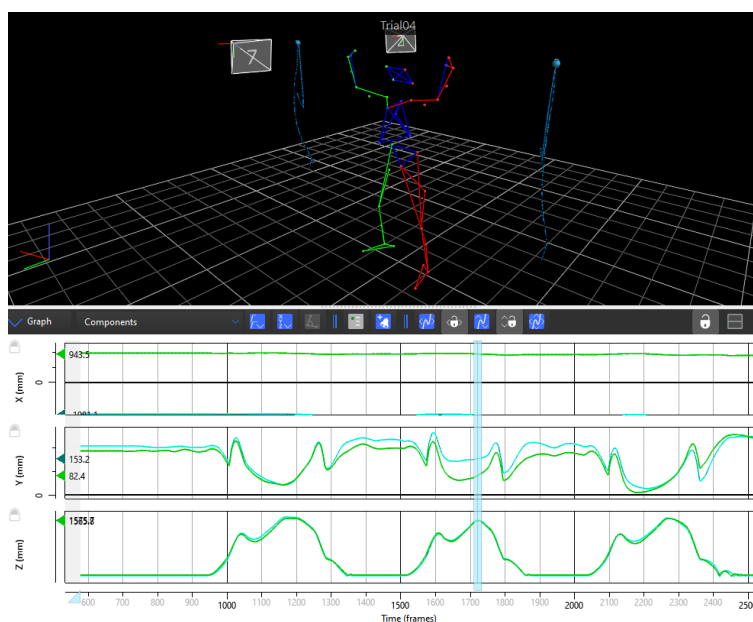


Figura 4. Movimiento de la barra en sus tres ejes coordenados durante la sesión en arranque con 45 kg en tres repeticiones.

Movimiento de Envión

La Figura 5 muestra la reconstrucción tridimensional del atleta durante el movimiento de envión, el atleta se encuentra en la fase del movimiento de tijera de las piernas para llevar la barra al punto más elevado. Se realizaron tres repeticiones para este movimiento con un peso de 15 kg. La parte inferior de la Figura 5 muestra las gráficas del movimiento tridimensional de la barra en los tres ejes coordenados, claramente el eje Z muestra los tres ciclos del movimiento. Este movimiento es completamente diferente al movimiento de arranque. El movimiento de envión se realiza principalmente en dos etapas o fases, en la primera el atleta tiene que llevar la barra a la altura de

los hombros, posteriormente, debe dar el segundo tirón y llevar la barra con el movimiento de tijera a la parte más alta.

La Figura 6 muestra la reconstrucción tridimensional del atleta durante el movimiento de envión, con un peso de 35 kg en tres repeticiones. En la parte inferior se encuentran las trayectorias tridimensionales de la barra (X, Y, Z) que indican el movimiento de la barra. El primer eje coordenado (X) representa básicamente la separación o longitud de la barra (movimiento lateral de la barra). El segundo eje (Y) representa el movimiento de la barra hacia adelante o hacia atrás del atleta. Finalmente, el eje Z muestra claramente la simetría de los tres ciclos realizados (movimiento vertical de la barra). El eje Z es el movimiento que presenta un grado de asimetría mayor que los otros ejes coordenados.

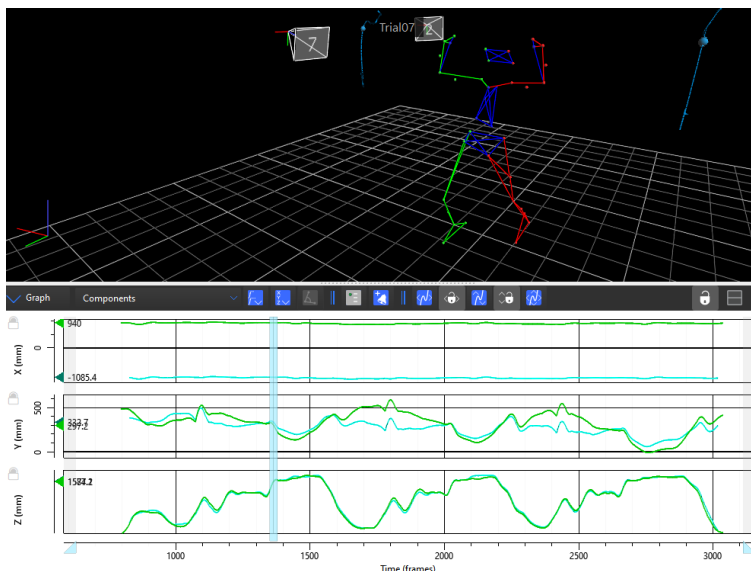


Figura 5. Movimiento de la barra en sus tres ejes coordenados durante la sesión en envión con 15 kg en tres repeticiones.

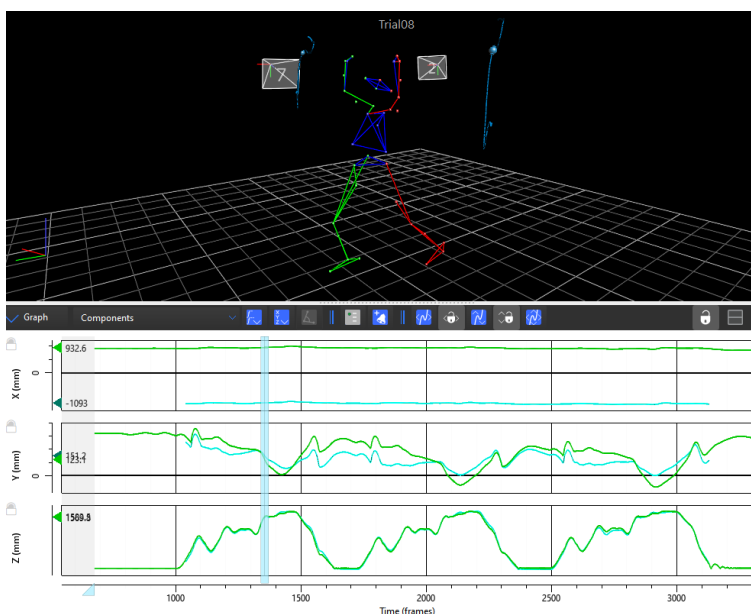


Figura 6. Movimiento de la barra en sus tres ejes coordenados durante la sesión en envión con 35 kg en tres repeticiones.

La Figura 7 muestra la reconstrucción tridimensional del atleta durante el movimiento de envión, con un peso de 45 kg en tres repeticiones. En la parte inferior se encuentran las trayectorias tridimensionales de la barra (X, Y, Z) que indican el movimiento de la barra. La primera ondulación en la gráfica del eje Z, representa el primer tirón para llevar la barra a la altura de los hombros. La última región de la gráfica representa el segundo tirón para llevar la barra a la parte más elevada con un movimiento de tijera. El eje coordenado Z muestra claramente la sincronización y repetición de los tres ciclos del movimiento. El eje Y presenta mayor grado de asimetría que el resto de los ejes.

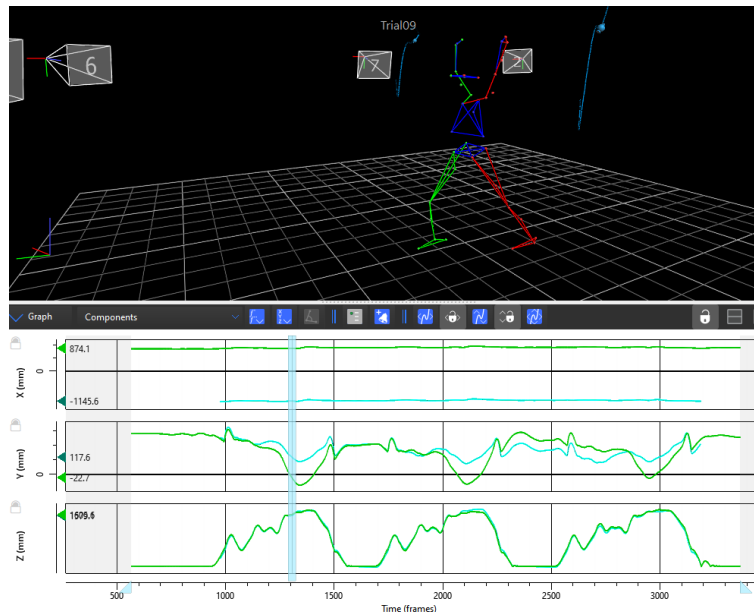


Figura 7. Movimiento de la barra en sus tres ejes coordenados durante la sesión en envión con 45 kg en tres repeticiones.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que conforme se incrementa el peso en la barra, los movimientos o el gesto técnico del atleta tiende a ser más inestable. Esto se debe principalmente a que el atleta requiere de un mayor esfuerzo para controlar el peso en la barra. Los resultados contribuyen en el mejor entendimiento del gesto técnico de halterofilia y buscan potencializar sus habilidades técnicas del atleta sin comprometer su integridad física.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Abdulrahman A-AS. Biomechanics of Lifting: an implication review. Saudi J Sport Med 2003;7:68–72.
- [2] Al-khleifat Al, Al-kilani M, Kilani HA. Biomechanics of the clean and jerk in weightlifting national jordanian team. J Hum Sport Exerc 2019;14:S2429–34. doi:10.14198/jhse.2019.14.Proc5.58.
- [3] Beltrán SP, José Colina A. Análisis biomecánico de levantamiento de pesas durante el segundo halón en el arranque realizado a un atleta del estado Vargas , en los Juegos Deportivos Nacionales Juveniles 2013. Rev Digit Educ Física y Deport 2015;20:1–6.
- [4] Oliva Rodríguez K, Gómez Zoquez A, Zamora Corrales R, García Manzo Y. Análisis biocinemático de la ejecución del arranque en levantadoras de pesas escolares de Granma (original). Olimp Publicación Científica La Fac Cult Física La Univ Granma 2017;14:62–74.
- [5] Fortin J. The Biomechanical Principles of Preventing Weightlifting Injuries. Phys Med Rehabil 1997;10:697–716.
- [6] Akoochakian M, Davari HA, Alizadeh MH, Rahnama N. Evaluation of shoulder girdle strength more than 12 month after modified radical mastectomy and axillary nodes dissection. J Res Med Sci 2017;22. doi:10.4103/jrms.JRMS_649_16.

- [7] Oliveira C, García N, Navarro N, Caballero R, Jiménez Díaz JA, Dra JT, et al. Biomecánica del hombro y sus lesiones. *Canar Médica y Quirúrgica* 2007;4:8–19.
- [8] Suárez Sanabria N, Osorio Patiño AM. Biomecánica del hombro y bases fisiológicas de los ejercicios de Codman. *Rev CES Med* 2013;27:205–17.
- [9] Teresa Angulo Carrere Ana Álvarez Méndez Yolanda Fuentes Peñaranda M. Biomecánica clínica: Biomecánica de la extremidad superior exploración del hombro. *Fisioter y Podol Ser Biomecánica Clínica* 2011;3:104–23.

COLÁGENO Y GRENETINA GRADO ALIMENTICIO: CONSTRUYENDO PIEL EN EL LABORATORIO

Carolina Rico Barriga, Ana Edith Higareda Mendoza

División de Posgrado de la Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas “Dr. Ignacio Chávez”,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
higareda@umich.mx

RESUMEN

Los biomateriales utilizados para la ingeniería de tejidos suelen ser costosos, lo que limita su uso en la investigación y terapias regenerativas¹. En este estudio exploramos una alternativa más viable: andamios hechos de colágeno y grenetina de grado alimenticio. Estos materiales, ampliamente disponibles, pueden representar soluciones viables para formar modelos de piel *in vitro*². Además, su desarrollo podría reducir la dependencia de modelos animales en investigación, ofreciendo una herramienta útil para las primeras valoraciones de cosméticos, tóxicos, fármacos y otros compuestos de interés biomédico³. El objetivo de este trabajo fue evaluar la viabilidad del colágeno y la grenetina de grado alimenticio como sustratos para la adhesión y proliferación celular, con el fin de probar su potencial como biomateriales en la ingeniería de tejidos. Para este estudio se fabricaron andamios a diferentes concentraciones (100%, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20) de colágeno y grenetina de grado alimenticio, y se sembraron queratinocitos epidérmicos neonatales (HEKn) en los andamios. Se monitoreó la morfología y la adhesión celular para evaluar la interacción entre las células y los andamios. Además, la viabilidad celular se analizó mediante tinción con naranja de acridina/bromuro de etidio para distinguir las células vivas de células no viables. Los resultados fueron concluyentes para todas las combinaciones empleadas: las células se adhirieron con éxito al andamio y mostraron una morfología epitelial característica, con proyecciones celulares que indicaban una interacción activa con la matriz. Además, se observó una distribución uniforme de las células en la superficie del andamio, lo que indica una buena afinidad del biomaterial. La tinción con naranja de acridina/bromuro de etidio reveló una alta proporción de células viables, lo que indica que estos andamios no producen una toxicidad significativa y permiten la supervivencia celular. Estos hallazgos confirman el potencial del colágeno y la grenetina de grado alimenticio como biomateriales útiles para la ingeniería de tejidos cutáneos y brindan nuevas posibilidades para desarrollar modelos de piel *in vitro* sin comprometer la función celular y mantener propiedades adecuadas para la investigación biomédica.

INTRODUCCIÓN

La generación de modelos 3D de piel *in vitro* ha ganado importancia en las últimas décadas como una alternativa funcional y ética al uso de animales en la evaluación de productos cosméticos, farmacológicos y tóxicos^{4, 5}. Estos modelos, que buscan replicar la estructura y función de la epidermis humana, se basan en el uso de biomateriales que favorecen la adhesión celular, viabilidad y diferenciación. Tradicionalmente, los andamios empleados en la ingeniería de tejidos son elaborados con polímeros de grado biomédico, cuyo costo y disponibilidad pueden representar un obstáculo importante para su implementación en entornos de bajo presupuesto^{1, 6}.

En este contexto, los biomateriales de grado alimenticio, como el colágeno y la grenetina, han surgido como alternativas prometedoras. Ambos compuestos poseen propiedades bioquímicas compatibles con cultivo celular, incluyendo biodegradabilidad, biocompatibilidad y capacidad de formar estructuras tridimensionales^{2, 7}. Aunque estos materiales no atraviesan los mismos procesos de purificación que sus equivalentes farmacéuticos, su bajo costo y fácil acceso facilitan su utilización en estudios preliminares de biofabricación y evaluación dermatológica³.

Explorar su desempeño en la formación de una epidermis funcional representa un avance crucial hacia la democratización de las tecnologías de la ingeniería de tejidos y el desarrollo de plataformas más sostenibles e inclusivas para la investigación biomédica y cosmética^{8, 9}.

TEORÍA

La ingeniería de tejidos busca restaurar, reemplazar o mejorar funciones biológicas usando células, andamios 3D y señales bioquímicas ¹⁰. Los andamios son estructuras que permiten la adhesión, proliferación y diferenciación celular, simulando la matriz extracelular natural.

El colágeno, abundante en la piel humana, es popular por su biocompatibilidad y capacidad para formar matrices tridimensionales ⁷. La grenetina, derivado del colágeno, destaca por su gelificación y bajo costo ¹¹.

Ambos materiales se usan en modelos de piel *in vitro*, ofreciendo una alternativa ética y reproducible al uso de animales en ensayos cosméticos, farmacológicos y toxicológicos ⁵. Usar versiones de grado alimenticio de estos biomateriales es una estrategia innovadora para reducir costos y aumentar la accesibilidad a estas tecnologías.

PARTE EXPERIMENTAL

Se prepararon andamios tridimensionales con mezclas de colágeno y grenetina de grado alimenticio (100:0, 0:100, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20), disueltos en una solución de ácido cítrico al 10% y entrecruzados térmicamente. Estas soluciones se colocaron en una placa de 24 pocillos, se dejaron secar toda la noche y, posteriormente, fueron sometidos a un proceso de esterilización con etanol absoluto al 70% y luz UV.

Se utilizó la línea celular de queratinocitos epidérmicos neonatales (HEKn), la cual fue cultivada sobre los andamios. Se evaluaron aspectos morfológicos y de adhesión celular mediante microscopio invertido.

Para evaluar la viabilidad celular, se utilizó la tinción de naranja de acridina/bromuro de etidio, la cual nos permite distinguir células viables (fluorescencia verde) de células dañadas o muertas (fluorescencia naranja o roja). Las imágenes se obtuvieron mediante microscopía de fluorescencia.

Todos los ensayos se realizaron en condiciones controladas de cultivo y se compararon entre sí para identificar la formulación más favorable en términos de biocompatibilidad y soporte celular.

RESULTADOS

Los andamios formulados con distintas concentraciones de colágeno y grenetina de grado alimenticio (100:0, 0:100, 95:5, 90:10, 85:15 y 80:20) mostraron un patrón de interacción celular similar, permitiendo la adhesión y supervivencia de la línea celular en todas las condiciones evaluadas. Las células presentaron morfología epitelial, con proyecciones citoplasmáticas indicativas de interacción activa con la matriz de colágeno y grenetina de grado alimenticio (Fig. 1).

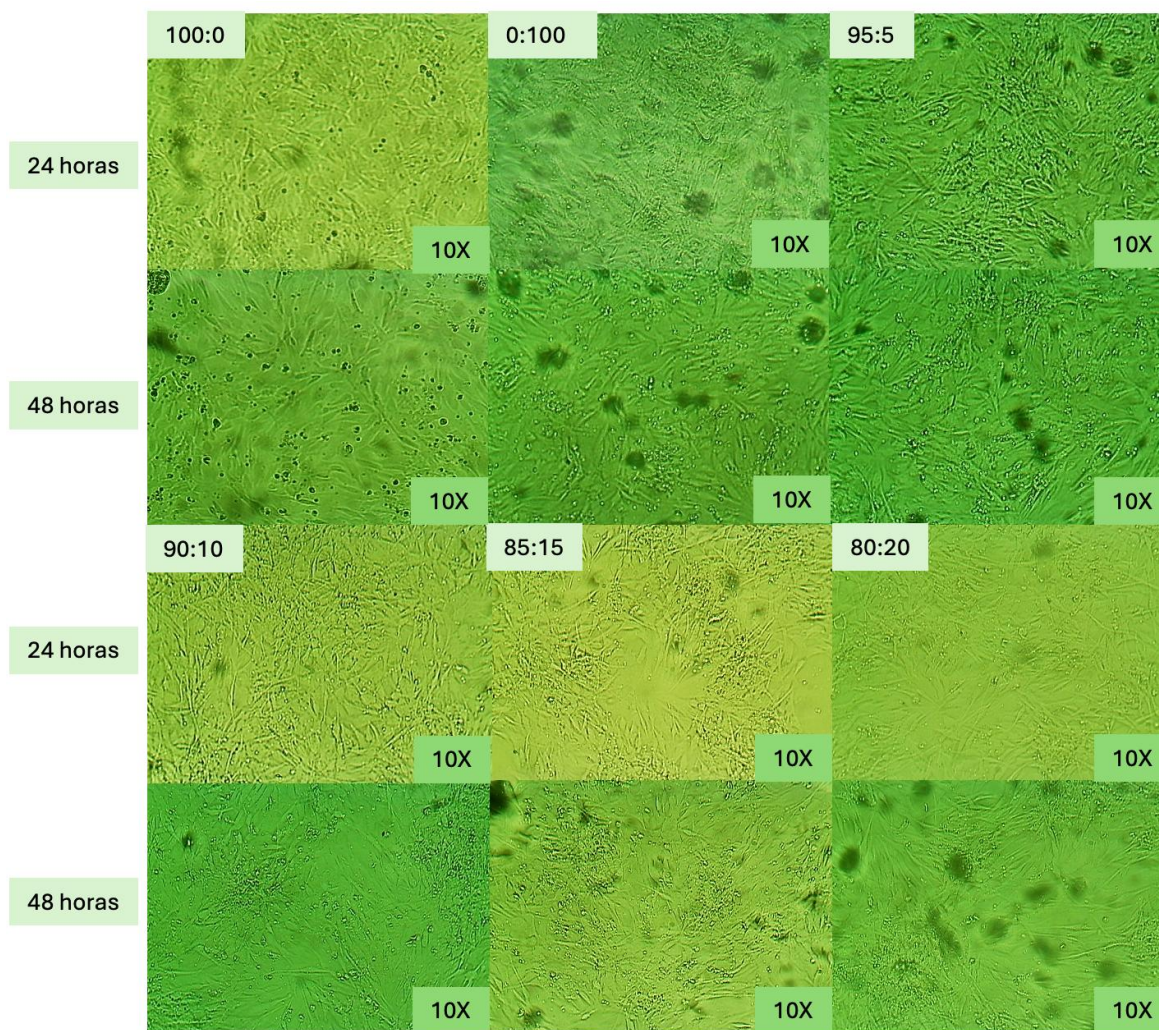


Figura 1. Morfología de la línea celular de queratinocitos epidérmicos neonatales (HEK) a las 24 y 48 horas.

El experimento de viabilidad celular por tinción de naranja de acridina/bromuro de etidio mostró una alta proporción de células viables (fluorescencia verde) en todas las formulaciones, sin indicios de citotoxicidad (Fig. 2). De igual manera, se observó una distribución celular homogénea sobre la superficie de los andamios.

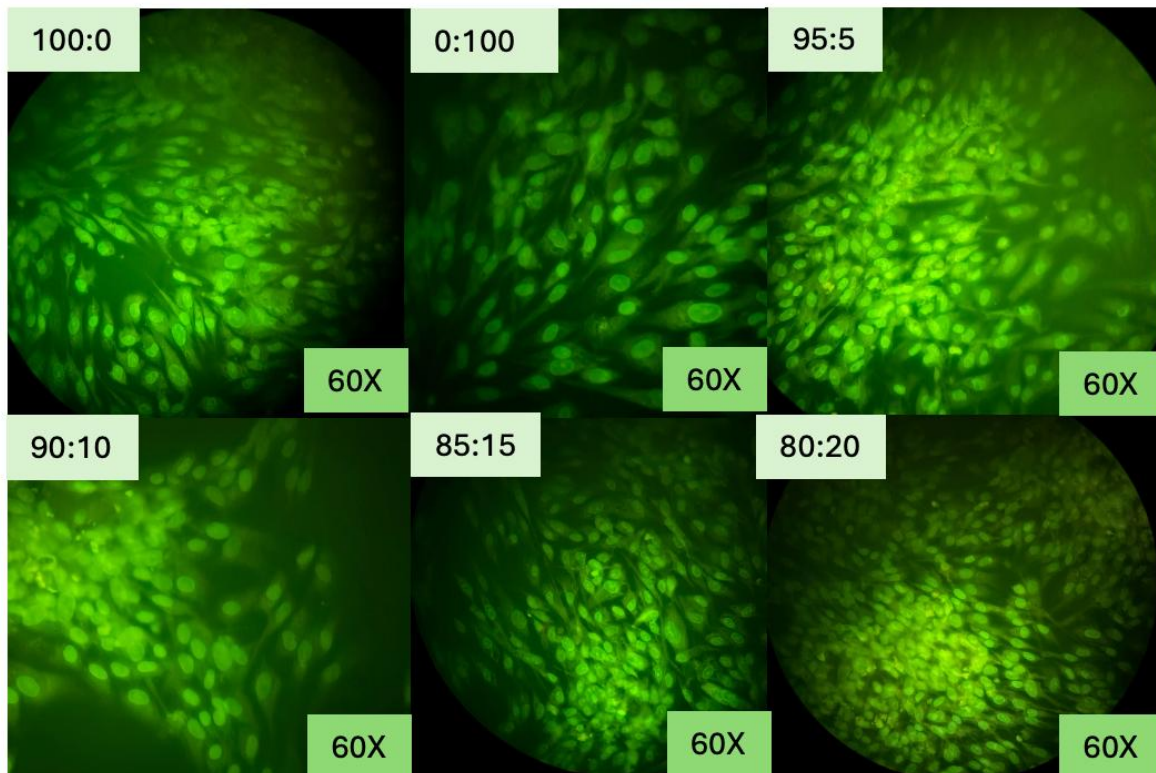


Figura 2. Resultados de la tinción de naranja de acridina/bromuro de etidio de la línea celular de queratinocitos epidérmicos neonatales (HEKn).

Un resultado interesante fue que, en las formulaciones con un mayor contenido de grenetina de grado alimenticio, se identificaron zonas libres de células, lo cual podría estar relacionado con un fenotipo de migración o reorganización celular, sugiriendo un posible comportamiento regenerativo. Este fenómeno ya ha sido descrito donde, efectivamente, se observó que la grenetina favorece la migración celular y remodelación de los tejidos en sistemas tridimensionales ^{12, 13}.

Estos hallazgos respaldan la viabilidad del uso de colágeno y grenetina de grado alimenticio como sustratos para modelos de piel *in vitro*, permitiendo tanto la adhesión, proliferación celular y el estudio de eventos dinámicos relevantes para procesos de regeneración cutánea.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que los andamios de colágeno y grenetina de grado alimenticio ofrecen un microambiente adecuado para la adhesión y proliferación celular para la línea celular de queratinocitos epidérmicos neonatales (HEKn). En todas las formulaciones evaluadas se observó una respuesta celular comparable, sin indicios de citotoxicidad ni alteraciones en la morfología normal de la línea celular.

De manera particular, se identificó la presencia de zonas libres de células en los andamios con mayor contenido de grenetina de grado alimenticio, que podría estar relacionada con fenómenos de migración o reorganización celular, sugiriendo un comportamiento regenerativo potencial, respaldado por estudios previos sobre la grenetina.

Estos hallazgos ponen a los andamios de grado alimenticio como una alternativa accesible, reproducible y biocompatible para el desarrollo de modelos de piel *in vitro*. El uso de estos podría favorecer la democratización de la ingeniería de tejidos, facilitando su implementación en

laboratorios con recursos limitados y contribuyendo a reducir el uso de modelos animales en investigaciones preliminares.

BIBLIOGRAFÍA

1. J. Morales-Sánchez, A. Ulloa-Fernández, S. Castro-Piedra, C. Centeno-Cerdas y L. A. Calvo-Castro, "Cultivo Celular e Ingeniería de Tejidos: Aplicaciones en Biomedicina," *Rev. Tecnol. Marcha*, g-56, 2019.
2. M. D. Shoulders y R. T. Raines, "Collagen structure and stability," *Annu. Rev. Biochem.*, Vol. 78, No. 1, 2009, pp. 929–958.
3. E. Footner, K. Firipis, E. Liu, C. Baker, P. Foley, R. M. Kapsa y A. Quigley, "Layer-by-Layer Analysis of In Vitro Skin Models," *ACS Biomater. Sci. Eng.*, Vol. 9, No. 11, 2023, pp. 5933–5952.
4. M. J. Randall, A. Jüngel, M. Rimann y K. Wuertz-Kozak, "Advances in the biofabrication of 3D skin in vitro: healthy and pathological models," *Front. Bioeng. Biotechnol.*, Vol. 6, 2018, Article 154.
5. X. Zhao, Q. Lang, L. Yildirim, A. Khademhosseini, et al., "Photocrosslinkable gelatin hydrogel for epidermal tissue engineering," *Adv. Healthc. Mater.*, Vol. 5, No. 1, 2016, pp. 108–118.
6. J. Heino, "The collagen family members as cell adhesion proteins," *Bioessays*, Vol. 29, No. 10, 2007, pp. 1001–1010.
7. C. Chattopadhyay y R. T. Raines, "Collagen-based biomaterials for wound healing," *Biopolymers*, Vol. 101, No. 8, 2014, pp. 821–833.
8. A. Nilforoushzadeh, S. Amirkhani, A. Zarrintaj, M. Zangeneh, M. Firooz, M. Khosrowpour, et al., "A comprehensive review of skin substitutes: Advancements and limitations," *J. Adv. Res.*, Vol. 36, 2022, pp. 81–95.
9. A. Sorushanova, Y. Skoumal, M. Roche, C. Möbus, J. Mullen y D. Pandit, "The collagen suprafamily: Key biological role and potential applications in bioengineering and biotechnology," *Adv. Mater.*, Vol. 31, No. 1, 2019, 1801651.
10. H. O'Brien, "Biomaterials & scaffolds for tissue engineering," *Materials Today*, Vol. 14, No. 3, 2011, pp. 88–95.
11. R. Schrieber, "Gelatine Handbook: Theory and Industrial Practice," 1st ed., John Wiley & Sons, New York, NY, 2007.
12. H. Cao, S. Xu, et al., "Gelatin-Polysaccharide Composite Scaffolds Enhance Cell Migration and Promote Regeneration," *Front. Bioeng. Biotechnol.*, Vol. 9, 2021, Article 6336672.
13. D. Roy, A. Patel, R. Pandey y B. Bhaskar, "Gelatin-based scaffolds as intuitive structures for soft tissue engineering," *Materials Today Bio*, Vol. 18, 2023, Article 100656.

ANÁLISIS DE PARASITOSIS INTESTINALES EN RELACIÓN AL CONSUMO DE ANTIPARASITARIOS EN ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE QFB-UMSNH

Judith Ayala García ¹, Rodrigo Díaz Balcázar ¹, Brenda Romero Ayala ² y Daniela Romero Ayala ²

¹ Facultad de Químico Farmacobiología, UMSNH, ² Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Correo: judith.ayala@umich.mx

El parasitismo intestinal es un grave problema de salud pública, además de que tiene una amplia distribución en todo el mundo, y es importante mencionar que predomina en América Latina, África y Asia. Las parasitosis digestivas son originadas por protozoos y helmintos que comprometen principalmente el intestino delgado y grueso del ser humano y, en ocasiones, otras partes del tubo digestivo. Se realizó un estudio cuantitativo y descriptivo, en el que se analizaron 55 muestras de heces por la técnica coproparasitoscópica de Ritchie Modificada en estudiantes de la Facultad de Químico Farmacobiología de la UMSNH para la búsqueda de parásitos intestinales relacionar la presencia de parásitos y si habían utilizado algún desparasitante. Los resultados obtenidos son: el género analizado fue el 36.7% femenino y el 63.3% masculino, de las 55 muestras analizadas, 38 resultados positivos es decir el 69%. Los parásitos identificados: *Blastocystis sp*; *Endolimax nana*; *Entamoeba coli*; *Giardia lamblia*, *Iodamoeba bütschlii*. El tipo de antiparasitario que empleaban antes de participar en el proyecto fue en el 36.7% Albendazol, 20% Metronidazol, 6.7% Nitazoxanida y un 40% no ingirió ninguno. El tiempo de consumo antes del estudio es que el 54.5% hace más de un año lo usado, el 35.2% hace seis meses y el 10.3% menos de seis meses, al realizar el análisis estadístico se observa que no hay datos significativos a un *p* valor de 0,05 dado que a pesar de que varios participantes manifestaron haber utilizado antiparasitarios estos parásitos se siguen encontrando en la materia fecal. Se concluye que a pesar de que se hace uso de los desparasitantes en una buena parte de la población estudiantil, resulta evidente que el efecto de los mismos no es el esperado, es decir, no se eliminan los parásitos de manera efectiva, y si le agregamos que los estudiantes no tienen buenos hábitos higiénicos estos parásitos van a seguir residiendo en el intestino de los estudiantes.

INTRODUCCIÓN

Las parasitosis intestinales representan un problema de salud pública en el mundo, situándose dentro de las diez principales causas de muerte, especialmente en países en vías de desarrollo; afectan a todas las clases sociales y producen una importante morbilidad ⁽¹⁾. Son infecciones producidas por tres grupos de parásitos: los cromistas, los protozoarios y los helmintos, ya sean nemátodos, tremátodos o céstodos ⁽²⁾ y dentro de las enfermedades son catalogadas como las infecciones más desatendidas, dado que muchas veces no se consideran prioritarias ⁽³⁾. La mayoría de las parasitosis intestinales son asintomáticas y cuando existen síntomas pueden ser digestivos o extradigestivos, en dependencia del ciclo del parásito en el hombre ^(4,5). Cada parásito va a realizar un recorrido específico en el huésped y afectará a uno o varios órganos, según sea este recorrido. Estas infecciones se pueden clasificar según el tipo de parásito y la afectación que provoquen en los diferentes órganos y sistemas. También, es importante saber reconocer algunas especies que no requieren tratamiento porque no son patógenas para los humanos ⁽⁶⁾.

La sintomatología depende del tipo de parásito intestinal, pero suele ser variable, pueden ser asintomáticos o presentar dolor abdominal, náuseas, vómitos y diarrea; además, a largo plazo, pueden desencadenar pérdida de peso, anemia y deficiencia de vitaminas. Los principales factores de riesgo asociados a esta infecciones son el consumo de agua no purificada, higiene personal deficiente, estado nutricional alterado, bajo ingreso económico, hacinamiento y malas condiciones de la vivienda ⁽⁶⁾.

Diversos estudios destacan que las parasitosis entre universitarios mexicanos es una importante preocupación de salud pública debido a su prevalencia e impacto en el rendimiento académico. Las

investigaciones indican que un porcentaje notable de estudiantes se ven afectados por parásitos intestinales, los cuales pueden influir en su salud y resultados educativos.

En México, estudios recientes reportan una alta prevalencia de estas entoparasitosis en poblaciones universitarias, con tasas que oscilan entre 40 y 70%, siendo *Blastocystis sp.* y *Giardia lamblia* los protozoos más frecuentemente identificados ⁽⁷⁾. Esta elevada carga parasitaria se asocia a factores de riesgo característicos del ambiente universitario, como el consumo de alimentos en la vía pública, el hacinamiento en residencias estudiantiles y prácticas deficientes de higiene personal ^(7,8).

El daño que producen los parásitos depende de la tríada ecológica agente, hospedero y medio ambiente. Cuando existe equilibrio lo habitual es que el cuadro curse en forma subclínica, y si predominan factores intrínsecos del parásito se desarrollará la enfermedad ⁽⁹⁾. Los parásitos intestinales pueden llegar a provocar patologías con graves efectos, ciertos pacientes pueden permanecer en estado de portador asintomático, factor que favorece la recurrencia y cronicidad en la transmisión de parásitos de un hospedero a otro ⁽¹⁰⁾.

El tratamiento eficaz y efectivo de estas enfermedades infecciosas depende de un diagnóstico oportuno. Algunas investigaciones proponen una vinculación entre las infecciones parasitarias y consecuencias negativas en la función cognoscitiva, la habilidad para el aprendizaje y anemia ⁽¹¹⁾.

A pesar de la disponibilidad de tratamientos antiparasitarios como el albendazol y el metronidazol considerados de primera línea para el manejo de estas infecciones, se ha observado una disminución en su eficacia, posiblemente relacionada con el desarrollo de resistencia parasitaria o a reinfecciones frecuentes por la persistencia de fuentes de contaminación en el entorno. Esta situación se ve agravada por el uso inadecuado de los fármacos, donde hasta el 60% de los pacientes no completan los esquemas terapéuticos recomendados ⁽⁹⁾.

TEORIA

Las parasitosis intestinales son un problema de salud pública en nuestro país afecta a diversos grupos poblacionales, incluyendo a los estudiantes universitarios. Estudios en años recientes reportan que en México se presentan prevalencias que van por arriba del 40% en estudiantes de diversos niveles académicos, con cifras similares en otras regiones de Latinoamérica ^(2,12). Esta situación obedece a múltiples factores intrínsecos al entorno universitario, donde confluyen condiciones que favorecen la transmisión de estos patógenos.

El análisis coproparasitológico permite la identificación de los parásitos que se encuentran en el tracto digestivo o utilizan la materia fecal como vehículo para la difusión de sus formas al ambiente externo. El empleo de diversas técnicas de diagnóstico depende de cada parásito, tomando en cuenta la variabilidad biológica y morfológica del microorganismo a ser examinado. Existen varios métodos tanto cualitativos como cuantitativos para el diagnóstico parasitológico, siendo las técnicas de concentración las más utilizadas. Las técnicas de concentración se llevan a cabo con el fin de separar los parásitos de la materia fecal. Tales técnicas no solo aumentan el número de parásitos en el sedimento sino también los desenmascaran, haciéndolos más visibles mediante la eliminación de desechos orgánicos e inorgánicos, pero la desventaja de estas técnicas consiste en que los preparados contienen más residuos que los procesados por flotación ⁽¹³⁾.

La efectividad de desparasitantes de uso habitual como el albendazol, mebendazol y el metronidazol sobre los parásitos intestinales entre los estudiantes universitarios puede influenciarse por diversos factores, entre ellos la resistencia a los medicamentos, el diagnóstico erróneo y las características específicas de los parásitos involucrados. Si bien fármacos como el albendazol y el mebendazol han demostrado ser eficaces contra ciertos parásitos transmitidos por el suelo, su efectividad puede variar significativamente según el tipo de infección y los hábitos higiénicos de los pacientes. Este fenómeno puede evidenciarse en los participantes del estudio que a pesar de haber indicado que se habían desparasitado con antelación se demostró la presencia de parásitos intestinales mediante el análisis coproparasitoscópico.

PARTE EXPERIMENTAL

Objetivo: Analizar las parasitosis intestinales en relación con el consumo de antiparasitarios.

Se realizó un estudio cuantitativo y descriptivo, en el que se analizaron 55 muestras de heces por la técnica coproparasitológica de Ritchie Modificada en estudiantes de la Facultad de Químico Farmacobiología de la UMSNH, para la búsqueda de parásitos intestinales y relacionar la presencia de parásitos a la utilización de un desparasitante.

Metodología general de la presente investigación fue la que se presenta a continuación:

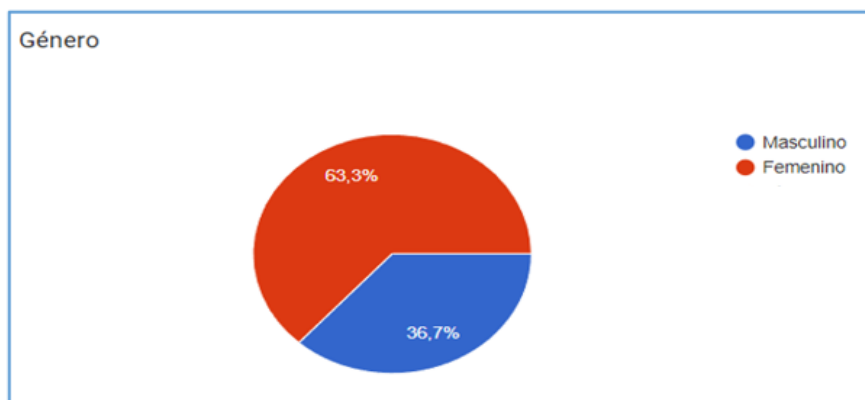
1. Sensibilización de participantes e información.
2. Consentimiento informado.
3. Indicaciones de recolección de las muestras.
4. Recepción de las muestras.
5. Envío de encuestas a los participantes.
6. Registro de las muestras.
7. Análisis físico de las muestras.
8. Técnica de Ritchie modificada.
9. Análisis microscópico.
10. Obtención de resultado
11. Procesamiento de los datos.

NOTA: Para la presente investigación los participantes fueron notificados de los procedimientos, tratamiento de los datos e información, autorizaron su participación mediante Consentimiento Informado además de que se garantizó la confidencialidad y protección de los datos. El procesamiento de las muestras siguió los lineamientos de bioseguridad que marcan las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), garantizando la seguridad y la calidad. El manejo y disposición de los Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos se realizó según las NOM aplicables.

RESULTADOS.

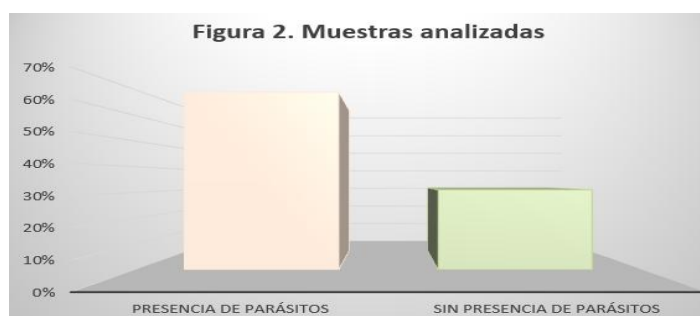
El procesamiento de las muestras como tal, se realizó en el Laboratorio de Microbiología, y se obtuvieron los siguientes resultados: De 55 muestras analizadas el 36.7% fueron correspondientes al género femenino y el 63.3% al masculino (Figura 1).

Figura 1. Resultados del género de los participantes.



Fuente: Elaborado a partir de los datos obtenidos en las encuestas realizadas en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de QFB-UMSNH.

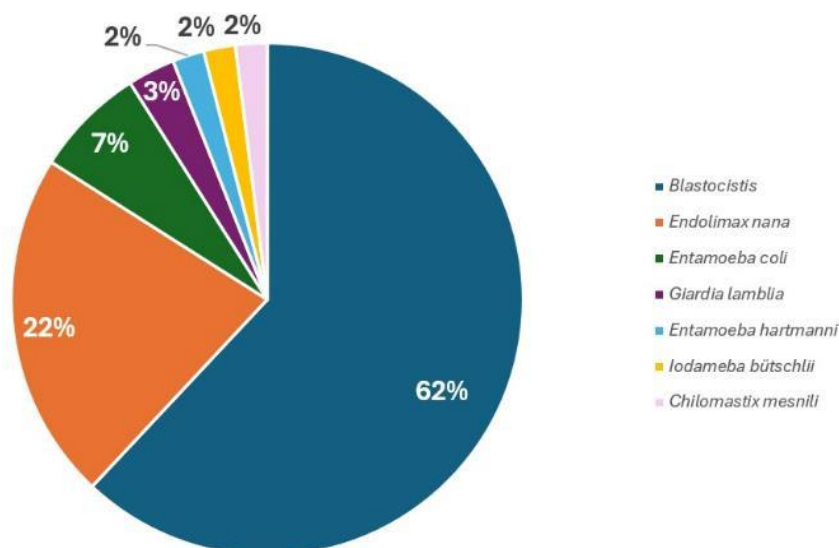
En la figura 2, se observa que de las 55 muestras analizadas en el Laboratorio 38 resultaron positivas, es decir, el 69% presentan parásitos mientras que el 31% no presentaron parásitos.



Fuente: De las muestras procesadas en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de QFB-UMSNH.

La figura 3, muestra la distribución de la frecuencia de los parásitos identificados en las muestras analizadas, destacando que el mayor porcentaje fue el de *Blastocystis sp* con un 62%; seguido por parásitos como *Endolimax nana*; *Entamoeba coli*; *Giardia lamblia*, *Iodamoeba bütschlii* y *Chilomastix mesnili*.

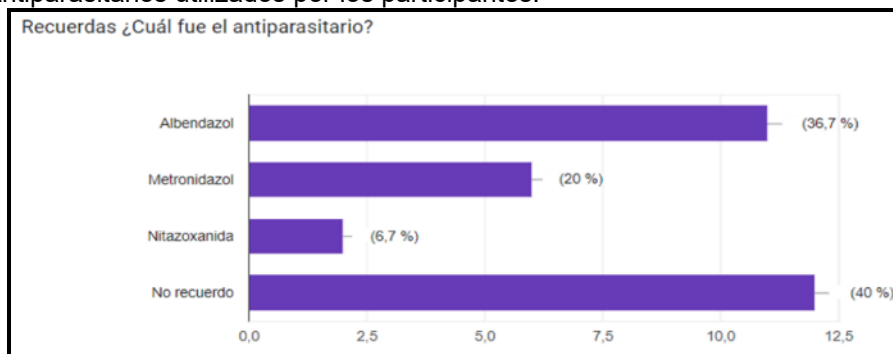
Figura 3. Frecuencia de parásitos encontrados en las muestras analizadas.



Fuente: Elaboración propia a partir de las muestras procesadas en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de QFB-UMSNH.

Del total de participantes que manifestaron haberse desparasitado antes de participar en el proyecto se obtuvieron los siguientes datos: El 36.7% de los participantes se trataron con albendazol, mientras que el metronidazol fue utilizado como tratamiento por el 20% de los encuestados y la nitazoxanida fue indicada en el 6.7%. El restante 40% de los participantes no habían ingerido ninguno antiparasitario (Figura 4).

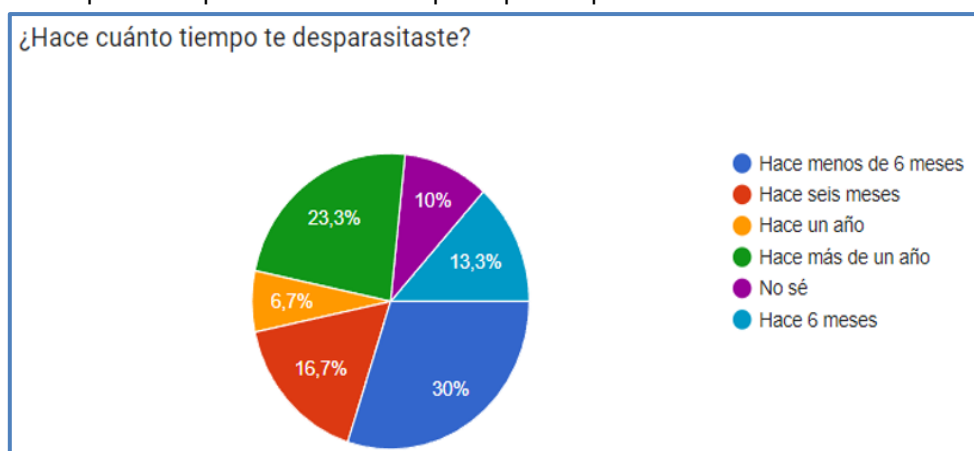
Figura 4. Antiparasitarios utilizados por los participantes.



Fuente: Elaborada a partir de los datos obtenidos en las encuestas realizadas en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de QFB-UMSNH.

El 54.5% de los participantes indicaron haberse desparasitado con una temporalidad mayor a un año previo al estudio mientras que el 35.2% tomó un desparasitante seis meses antes y el 10.3% en menos de seis meses.

Figura 5. Tiempo de desparasitación de los participantes previa al estudio.



Fuente: Datos obtenidos a partir de las encuestas realizadas en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de QFB-UMSNH.

Para el tratamiento estadístico se utilizó la siguiente fórmula de proporciones y probar si hay relación entre la presencia parásitos y el consumo de antiparasitarios.

Fórmula:

$$Z_{exp} = \frac{P^{\circ} - P_o}{\sqrt{\frac{P_o(1 - P_o)}{n \text{ total}}}}$$

Zexp: valor de 1,64

P°: Total de la población positiva/ población total

Po: Proporción de la población (65% = 0.65)

Q: la otra parte de Po (35% = 0.35)

n total: Total de la población

Sustitución de datos.

$$Z_{exp} = \frac{0.699 - 0.65}{\frac{\sqrt{0.65(0.35)}}{55}} = 5.65$$

Al realizar el análisis estadístico y de acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de la Z experimental y al tener un valor mayor al 1,64, se observa que no hay datos significativos a un p valor de 0,05 dado que a pesar de que varios participantes manifestaron haber utilizado antiparasitarios, pero en ellos se evidenció la presencia de parasitosis intestinales.

CONCLUSIÓN

El presente estudio evidencia que, a pesar de la administración previa de tratamientos antiparasitarios en estudiantes universitarios, persiste una notable prevalencia de protozoarios intestinales en muestras fecales. Tal efecto pudiera ser resultado de una limitada eficacia de los esquemas de desparasitación masiva frente a protozoos como *Blastocystis hominis* y *Entamoeba* spp., cuyos ciclos de vida y mecanismos de acción difieren de los helmintos. Otro motivo de la presencia de las parasitosis es la reinfección rápida postratamiento, asociada a factores ambientales y conductuales riesgosos no mitigados como consumo de agua contaminada, higiene deficiente en espacios compartidos, y desde luego el consumo frecuente de alimentos preparados en establecimientos formales e informales con deficiencias higiénicas en la preparación de los alimentos.

La detección de estos patógenos subraya la necesidad de implementar estrategias diferenciadas para la efectiva erradicación de estas parasitosis.

BIBLIOGRAFÍA

1. Parasitosis intestinales y factores de riesgo de enteroparasitosis en escolares de la zona urbana del cantón Jipijapa. Ecuador Kasmera. 2020;48.
2. García PB, Escribano BM, González JR. Parasitosis intestinales [Internet]. Aeped.es. [citado el 26 de abril de 2025]. Disponible en: https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/11_parasitosis.pdf
3. Parasitosis intestinales en el ecuador. Revisión Sistemática [Internet]. Produccioncientificaluz.org. [citado el 26 de abril de 2025]. Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/kasmera/article/view/37705/45269>
4. María José López-Rodríguez MJ, López P. Parásitos intestinales. Anales Pediatr Conti. 2011;249–58.
5. Fumadó V. Parásitos intestinales. https://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2015/xix01/06/n1-058-065_Vicky%20Fumado.pdf: Pediatría Integral; 2015.
6. Ocegüera-Segovia V, Martínez-Rodríguez GO, Villafuerte-Ordaz JM, Alanís-Reyes XM, Puig-Lagunes AA. Frecuencia de parasitosis intestinal en escuelas primarias en Veracruz, México. Rev Mex Pediatr [Internet]. 2022 [citado el 26 de abril de 2025];89(4):146–51. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0035-00522022000400146
7. Sánchez-Vega JT, Morales-Galicia AE, Tapia-Castor AC, Sánchez-Aguilar DI, Navez-Valle A, Coquis-Téllez B, et al. Análisis retrospectivo de un protozoo emergente en México: *Blastocystis* spp. Mem Inst Investig Cienc Salud [Internet]. 2022;20(2):101–10. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2022.020.02.101>
8. Werner Apt B. Infecciones por parásitos más frecuentes y su manejo. Rev médica Clín Las Condes [Internet]. 2014;25(3):485–528. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0716-8640\(14\)70065-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0716-8640(14)70065-3)
9. Martínez-Barbabosa I, Gutiérrez-Cárdenas M, Aguilar-Venegas JM, Shea M, Gutiérrez-Quiroz M, Ruiz-González L. Infección por *Hymenolepis diminuta* en una estudiante universitaria. Rev Biomed [Internet]. 2012 [citado el 16 de abril de 2025];23:61–4. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revbio/bio-2012/bio122d.pdf>

10. González B, Gómez T, Tovar M, Morab L. Parasitosis intestinales en el personal de salud del área de medicina crítica del Hospital [Internet]. Scielo.org. [citado el 27 de abril de 2025]. Disponible en: <https://ve.scielo.org/pdf/rsvm/v37n1/art06.pdf>
11. Terashima A, Marcos L, Maco V, Canales M, Samalvides F, Tello R. Técnica de sedimentación en tubo de alta sensibilidad para el diagnóstico de parásitos intestinales. Rev Gastroenterol Peru [Internet]. 2009 [citado el 17 de abril de 2025];29(4):305–10. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1022-51292009000400002
12. Sánchez JT, Navez A, Tapia AC, Morales EG, Sánchez DI, Hernández R, Morales AE, et.al. Vista de Panorama general de los protozoos intestinales en México 2000-2020 [Internet]. Edu.co. 2022 [citado el 27 de abril de 2025]. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/hm/article/view/349217/20809041>
13. Rimache JAR, Manchego HO-0002-1665-2332 KM. Comparación de tres métodos de concentración de enteroparásitos en muestras fecales humanas Comparison between three enteroparasite concentration methods in human stool samples [Internet]. Sld.cu. [citado el 17 de mayo de 2025]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/mtr/v72n2/1561-3054-mtr-72-02-e494.pdf>

PREVALENCIA Y PRINCIPALES DESENCADENANTES DE ALERGIAS ALIMENTARIAS

Oscar Armando Veruete Macias¹, Francisca Chávez Ruvalcaba², Veronica Bañuelos Melero², Lucia Delgadillo Ruíz³, Carlos Meza López⁴, Karla Mariana Chávez Ruvalcaba¹ y María Isabel Chávez Ruvalcaba³

1Unidad Académica de Docencia Superior, 2Licenciatura en Nutrición, Universidad Académica de Enfermería, 3Unidad Académica de Ciencias Biológicas, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas
charuva@uaz.edu.mx

RESUMEN

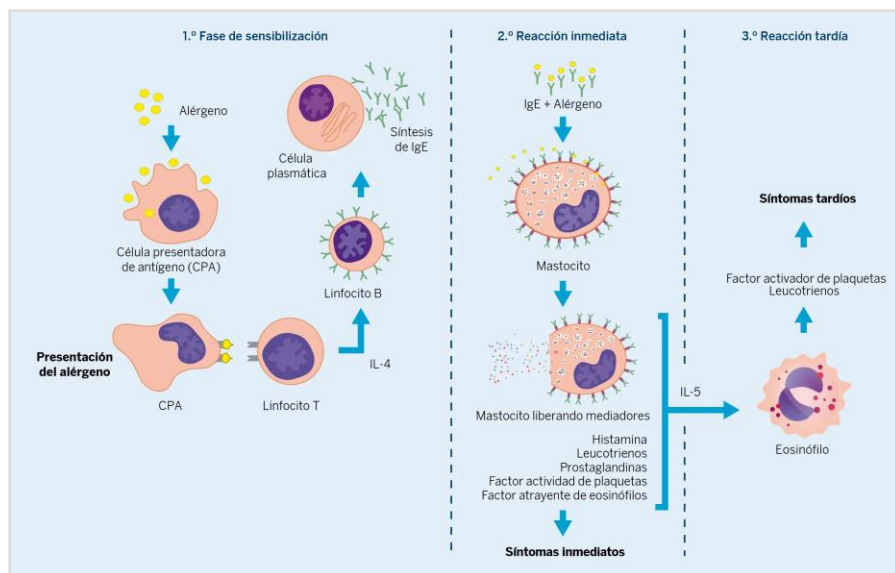
La alergia alimentaria es una reacción adversa que implica una respuesta inmunitaria específica del organismo ante ciertos alimentos. Este problema de salud pública afecta a individuos de todas las edades, siendo más prevalente en la población infantil, especialmente en los primeros años de vida, con una prevalencia estimada entre el 6% y el 8% en México. El objetivo de este estudio es analizar la prevalencia de las alergias alimentarias en diferentes grupos etarios y determinar los principales alimentos responsables de estas reacciones en la población mexicana. Se realizó una revisión bibliográfica de estudios epidemiológicos y clínicos sobre alergias alimentarias en México. Se consultaron bases de datos científicas y publicaciones especializadas para recopilar información sobre prevalencia, factores de riesgo y alimentos más comúnmente implicados en reacciones alérgicas. Los estudios revisados indican que la prevalencia de alergias alimentarias en México varía según la fuente y la metodología empleada. En niños, se reporta una prevalencia del 6% al 8%, mientras que en adultos oscila entre el 1% y el 4%. Los alimentos que más frecuentemente provocan alergias en la población mexicana son: leche, huevo, cacahuete, frutos secos, mariscos, pescado, trigo y soya. Estos ocho alimentos son responsables de aproximadamente el 90% de las reacciones alérgicas alimentarias. La alergia alimentaria representa un desafío significativo para la salud pública en México, afectando principalmente a la población infantil. Es esencial promover estrategias de prevención, diagnóstico temprano y educación tanto para profesionales de la salud como para la población general. La identificación de los principales alérgenos y la comprensión de los factores de riesgo asociados son fundamentales para el desarrollo de intervenciones efectivas que mejoren la calidad de vida de las personas afectadas.

INTRODUCCIÓN

Las alergias alimentarias representan un importante problema de salud pública a nivel mundial, con una prevalencia creciente, particularmente en países industrializados. Estas afecciones se caracterizan por una respuesta inmunológica exagerada y específica del organismo frente a proteínas alimentarias inofensivas, las cuales son malinterpretadas como amenazas por el sistema inmune. Si bien factores genéticos y ambientales han sido tradicionalmente considerados en su etiopatogenia, investigaciones recientes han permitido identificar una serie de microdeterminantes moleculares, inmunológicos y microbianos que modulan la aparición y severidad de estas respuestas alérgicas (Berin y Sampson, 2013; Feehley y Nagler, 2019).

Entre los factores genéticos, destacan los polimorfismos en genes relacionados con la respuesta inmunológica, tales como *IL-4*, *IL-13*, *TSLP* y *FLG*, que han demostrado aumentar la susceptibilidad a la sensibilización alérgica desde edades tempranas (Hong *et al.*, 2020). Estos elementos interactúan con otros determinantes del entorno intestinal, como la disbiosis de la microbiota, que altera la maduración inmunológica y la tolerancia oral a los antígenos dietarios (Feehley y Nagler, 2019). A su vez, una mayor permeabilidad intestinal, consecuencia de una barrera epitelial alterada, favorece el paso de alérgenos hacia la lámina propia, activando células presentadoras de antígeno y promoviendo una respuesta de tipo Th2 (Kamada y Núñez, 2013).

Asimismo, las propiedades moleculares del alérgeno, como su estabilidad, estructura tridimensional y presencia de glicanos específicos, condicionan su capacidad inmunogénica, facilitando su reconocimiento por IgE (Vieths *et al.*, 2017). Factores adicionales como la inmadurez del sistema inmunológico en lactantes, los cambios epigenéticos, la exposición a cofactores inflamatorios (virus, contaminantes) y la disfunción en la interacción entre células dendríticas y T reguladoras también contribuyen al fracaso de la tolerancia inmunológica y, por ende, a la expresión clínica de la alergia, Fig. 1. Comportamiento inmunológico de las alergias alimentaria. (Martino *et al.*, 2014; Nauta *et al.*,



2021; Tan *et al.*, 2021).

Fig. 1 Fases de la alergia alimentaria. Comportamiento celular y medido por inmunoglobulinas que se presenta al contacto con un antígeno.

En conjunto, el análisis de estos microdeterminantes no solo permite una mejor comprensión de la fisiopatología de las alergias alimentarias, sino que también abre la puerta al diseño de estrategias preventivas y terapéuticas más eficaces, basadas en la modulación del entorno inmunológico y microbiano del individuo.

Los expertos coinciden en que el 90% de las alergias alimentarias son causadas por ocho tipos de alimentos: leche, huevo, cacahuete, nueces, mariscos, pescados, trigo y soya (Rodas *et al.*, 2019; Rossel y Araya, 2011).

PARTE EXPERIMENTAL

Para la obtención de material bibliográfico (artículos de divulgación científica especializados en el tema-, se procedió a utilizar las bases de datos presentes en navegadores como: Readalyc, Latindex, Scopus, Elsevier, SCI-HUB, Google académico, entre otros. Dicha búsqueda se realizó en el lapso de diciembre 2023 a julio del 2024. Referente a la investigación documental se estudiaron informes y programas de organismos internacionales, nacionales y regionales. Se seleccionaron aquellos documentos con información más relevante y actualizada de las diferentes enfermedades por intoxicaciones causadas por alimentos, además de tomar en cuenta a aquellas con mayor impacto en la salud y economía de la población. La información encontrada se sistematizó en tres niveles: internacional, nacional y regional y se delimitó por la importancia y afectación a la población en la morbilidad y aspecto socioeconómico de cada una de las principales enfermedades.

RESULTADOS

En niños, se reporta una prevalencia del 6% al 8%, mientras que en adultos oscila entre el 1% y el 4%. Los alimentos que más frecuentemente provocan alergias en la población mexicana son: leche, huevo, cacahuete, frutos secos, mariscos, pescado, trigo y soya. Estos ocho alimentos son responsables de aproximadamente el 90.

Los alimentos más frecuentemente implicados en orden de importancia son:

- Niños: Leche de vaca, huevo, soya, cacahuates, frutos secos de árbol, pescado y crustáceos.
- Adultos: Cacahuates, frutos secos de árbol, crustáceos, pescado y huevo.

1. Leche de vaca

La alergia a la leche de vaca (ALV) es una de las alergias alimentarias más comunes en la infancia, con una prevalencia estimada del 2 al 3% en niños menores de tres años, aunque en la mayoría de los casos se resuelve espontáneamente hacia los cinco años (Santos *et al.*, 2020).

2. Huevo

La alergia al huevo es una de las alergias alimentarias más frecuentes en la infancia, con una prevalencia estimada del 1.5 al 3% en niños menores de cinco años. A pesar de que muchos niños desarrollan tolerancia con la edad, algunos pueden mantener la alergia hasta la adultez (Savage *et al.*, 2016). Esta alergia es causada principalmente por proteínas del huevo, siendo la ovomucoide, la ovoalbúmina, la ovotransferrina y la lisozima las más inmunogénicas (Mine y Yang, 2008).

3. Cacahuete

La alergia al cacahuete es una de las alergias alimentarias más comunes y persistentes, especialmente en países occidentales. Se estima que afecta entre el 1 y 3% de la población infantil y, a diferencia de otras alergias alimentarias, tiene una menor tasa de remisión en la adultez (Sicherer y Sampson, 2018). Las proteínas del cacahuete responsables de la reacción alérgica incluyen Ara h 1, Ara h 2 y Ara h 3, las cuales pueden inducir una respuesta inmunitaria mediada por IgE con reacciones que van desde leves hasta anafilácticas (Wang *et al.*, 2018).

4. Pescados y crustaceos

La alergia a pescados y crustáceos es una de las alergias alimentarias más comunes y persistentes, especialmente en adultos. Se estima que afecta entre el 1% y el 3% de la población mundial, con una mayor prevalencia en regiones donde el consumo de mariscos es elevado (Sampson, 2017). La principal proteína alergénica en los mariscos es la tropomiosina, presente tanto en crustáceos (camarones, cangrejos, langostas) como en moluscos (mejillones, almejas, calamares) (Lopata *et al.*, 2016).

Las alergias alimentarias afectan aproximadamente al 8% de los niños y al 4% de los adultos a nivel mundial, con una prevalencia creciente en las últimas décadas (Berin y Sampson, 2013). Aunque la presentación clínica puede ser similar, existen diferencias notables en los microdeterminantes que contribuyen a la aparición y persistencia de la alergia entre ambos grupos etarios, así como en su pronóstico y respuesta al tratamiento.

Niños: Alta susceptibilidad inmunológica e inmadurez de la barrera intestinal. En la población pediátrica, la alta incidencia de alergias alimentarias se ha relacionado con la inmadurez del sistema inmunológico y la estructura funcional aún en desarrollo de la barrera intestinal (Berin y Sampson, 2013). Estudios han demostrado que la disminución de células T reguladoras en neonatos y lactantes dificulta el establecimiento de la tolerancia oral, lo que permite que las células presentadoras de antígeno activen una respuesta Th2 frente a proteínas alimentarias comunes (Tan *et al.*, 2021).

Además, los factores genéticos tienen un peso importante en esta etapa, especialmente las mutaciones en genes como *FLG*, responsables de la integridad de la barrera epitelial (Hong *et al.*, 2020). La alteración de este gen se asocia a dermatitis atópica, que es un factor predisponente clave

para el desarrollo de alergia alimentaria en la infancia. También se ha identificado que la disbiosis intestinal, especialmente la reducción de *Bifidobacterium* y *Faecalibacterium prausnitzii*, favorece una activación inflamatoria de la mucosa intestinal (Feehley y Nagler, 2019).

Por otro lado, los cofactores ambientales tempranos, como la exposición a antibióticos o nacimientos por cesárea, alteran la colonización bacteriana inicial, contribuyendo a un entorno inmune propenso a la sensibilización (Martino *et al.*, 2014). En este sentido, estudios longitudinales han confirmado que la restauración de una microbiota saludable mediante probióticos específicos puede modular favorablemente la respuesta inmune en niños con alergia a proteínas de la leche de vaca (Nauta *et al.*, 2021).

Adultos: Persistencia, neoalergias y papel de la exposición acumulada. En adultos, las alergias alimentarias pueden representar la persistencia de sensibilizaciones infantiles o bien pueden surgir de manera de novo (neoalergias), muchas veces en relación con exposición laboral, cambios ambientales o procesos infecciosos previos (Vieths *et al.*, 2017). En este grupo, se ha observado una mayor asociación entre alergias alimentarias y enfermedades inflamatorias del intestino, lo que sugiere un papel relevante de la inflamación crónica y la disfunción de la mucosa intestinal en la perpetuación de respuestas alérgicas (Kamada y Núñez, 2013).

Los adultos muestran además un perfil inmunológico diferente, con una menor plasticidad en la tolerancia oral. La exposición repetida y prolongada a ciertos alimentos con alérgenos termoestables, como los mariscos o frutos secos, incrementa el riesgo de sensibilización (Vieths *et al.*, 2017). A ello se suma el hecho de que la metilación epigenética de genes reguladores del sistema inmune puede modificarse a lo largo de la vida en respuesta a factores como la dieta, el estrés oxidativo o infecciones, predisponiendo a respuestas Th2 incluso en etapas adultas (Martino *et al.*, 2014).

Finalmente, se ha documentado que la pérdida de diversidad microbiana intestinal en adultos mayores está correlacionada con un mayor riesgo de reacciones alérgicas graves, especialmente en quienes presentan disbiosis asociada a enfermedades metabólicas como obesidad o diabetes tipo 2 (Tan *et al.*, 2021). Esto refuerza la hipótesis de que la microbiota intestinal y su interacción con el sistema inmune de la mucosa son determinantes clave tanto en el desarrollo como en la cronificación de las alergias alimentarias.

CONCLUSIONES

La alergia alimentaria representa un desafío significativo para la salud pública en México, afectando principalmente a la población infantil. Es esencial promover estrategias de prevención, diagnóstico temprano y educación tanto para profesionales de la salud como para la población general. 2 líneas en blanco

BIBLIOGRAFÍA

- Berin, M. C., & Sampson, H. A. (2013). Food allergy: an enigmatic epidemic. *Trends in Immunology*, 34(8), 390–397. <https://doi.org/10.1016/j.it.2013.04.007>
- Feehley, T., & Nagler, C. R. (2019). Cellular and molecular pathways through which commensal bacteria modulate sensitization to dietary antigens. *Current Opinion in Immunology*, 60, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.coi.2019.04.003>
- Hong, X., Hao, K., Wang, X., & Ober, C. (2020). Genetic determinants of food allergy. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 145(6), 1598–1609. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2020.03.004>
- Kamada, N., & Núñez, G. (2013). Regulation of the immune system by the resident intestinal bacteria. *Gastroenterology*, 144(5), 857–864. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2012.11.051>
- Martino, D., Neeland, M., Dang, T., et al. (2014). Epigenetic dysregulation of naive CD4+ T-cell activation genes in childhood food allergy. *Nature Communications*, 5, 4648. <https://doi.org/10.1038/ncomms5648>

- Mine, Y., & Yang, M. (2008). Recent advances in the understanding of egg allergens: Basic, industrial, and clinical perspectives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(13), 4874-4900. <https://doi.org/10.1021/jf8005735>
- Nauta, A. J., van der Zee, J. S., & Garssen, J. (2021). Inflammatory co-factors and allergy development. *Clinical and Experimental Allergy*, 51(5), 593–602. <https://doi.org/10.1111/cea.13869>
- Rodas Pesántez, P. A., Rivadeneira Sarmiento, T. M., Menéndez Palacios, M. C., & Zambrano Vera, C. D. (2019). Riesgo y prevención de las alergias alimentarias en los niños. *RECIMUNDO*, 3(3 ESP), 1016-141. [https://doi.org/10.26820/recimundo/3.\(3.Esp\).noviembre.2019.1016-1041](https://doi.org/10.26820/recimundo/3.(3.Esp).noviembre.2019.1016-1041)
- Rossel M. y Araya M. (2011). Food allergy in childhood. *Revista Médica Clínica Las Condes*. 22(2) pp. 184-189. [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(11\)70411-4](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(11)70411-4)
- Sampson, H. A., O'Mahony, L., Burks, A. W., Plaut, M., Lack, G., & Akdis, C. A. (2019). Mechanisms of food allergy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 143(1), 59-71. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2018.11.016>
- Savage, J., Johns, C. B., & Schleimer, R. P. (2016). The natural history of egg allergy. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 117(2), 117-122. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2016.05.014>
- Tan, J., McKenzie, C., Potamitis, M., Thorburn, A. N., Mackay, C. R., & Macia, L. (2021). The role of short-chain fatty acids in health and disease. *Advances in Immunology*, 121, 91–119. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800100-4.00003-9>
- Vieths, S., Scheurer, S., & Ballmer-Weber, B. (2017). Molecular aspects of food allergies and the role of the gastrointestinal tract. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*, 17(3), 234–240. <https://doi.org/10.1097/ACI.0000000000000372>
- Wang, J., Nowak-Wegrzyn, A., & Sampson, H. A. (2018). Peanut allergy: An evolving clinical challenge. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 6(3), 636-645. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2017.10.014>

EFFECTO DEL ENTRENAMIENTO AERÓBICO EN LA EXPRESIÓN DE NRF2 EN MÚSCULO ESQUELÉTICO DE RATAS DIABÉTICAS

Liliana Jaheli Ríos Zúñiga¹, Luis Alberto Sánchez Briones², Katya Vargas Ortiz¹, Rocío Montoya Pérez³, Karla Susana Vera Delgado², Sergio Márquez Gamiño² y Elizabeth Sánchez Duarte²

¹Universidad de Guanajuato Campus León, Departamento de Ciencias Médicas, ²Universidad de Guanajuato, Departamento de Ciencias Aplicadas al Trabajo, ³Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
lj.rioszuniga@ugto.mx

RESUMEN

NRF2 es un regulador maestro de la respuesta antioxidante endógena, responsable de modular la activación transcripcional de genes relacionados con la homeostasis redox en músculo esquelético. En condiciones de estrés oxidativo como ocurre en la diabetes, la expresión de NRF2 se encuentra disminuida, lo que compromete la actividad del sistema de defensa antioxidante endógeno, dejando al músculo esquelético vulnerable al daño oxidativo. El ejercicio físico es beneficioso para prevenir y contrarrestar alteraciones celulares ante la diabetes, sin embargo, se desconoce el impacto sobre la expresión de NRF2 en el músculo esquelético. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un protocolo de ejercicio aeróbico de intensidad moderada sobre la expresión del gen NRF2 en músculo esquelético de ratas con diabetes experimental. Se utilizaron quince ratas macho de la cepa Wistar (180-200 g), los cuales fueron divididos en 3 grupos (n=5): control sano (CS), diabetes sedentario (DS) y diabetes con ejercicio (D+E). La inducción de diabetes se realizó de forma farmacológica al utilizar una dosis única de estreptozotocina (65 mg/kg) vía intraperitoneal. La intervención de ejercicio físico se llevó a cabo utilizando una banda sin fin durante 30 minutos al día, 5 días por semana, durante 8 semanas. Al finalizar la intervención, el músculo sóleo fue aislado para determinar la expresión del gen NRF2 mediante RT-qPCR. En el grupo DS, la expresión de NRF2 en músculo sóleo resultó disminuida de manera significativa en comparación con el grupo CS ($p<0.05$). En cambio, la intervención de 8 semanas con ejercicio aeróbico favoreció significativamente la expresión de NRF2, siendo mayor en el grupo D+E en comparación con el grupo DS ($p<0.05$). Los resultados sugieren que el ejercicio aeróbico de intensidad moderada ejerce un efecto a nivel transcripcional en el músculo esquelético durante la diabetes al incrementar la expresión de NRF2, lo cual podría tener implicaciones en el fortalecimiento de la defensa antioxidante endógena muscular.

INTRODUCCIÓN

La diabetes comprende un conjunto de trastornos metabólicos crónicos cuya característica principal es la hiperglucemia, resultado de una alteración en el metabolismo de los carbohidratos (Harreiter & Roden, 2023). Actualmente su abordaje requiere atención médica continua y la implementación de estrategias integrales basadas en cambios en el estilo de vida. Desde el punto de vista clínico, la diabetes se clasifica convencionalmente en las siguientes categorías clínicas: diabetes tipo 1, diabetes tipo 2, diabetes mellitus gestacional y otros tipos de diabetes derivados de distintas causas, como la diabetes monogénica, los trastornos pancreáticos exocrinos y el uso de medicamentos de alto riesgo como los glucocorticoides (ElSayed et al., 2025).

El diagnóstico de diabetes se establece mediante la detección de concentraciones elevadas de glucosa en sangre, ya sea en ayuno, dos horas después de una prueba de tolerancia oral a la glucosa, en una medición aleatoria o mediante niveles aumentados de hemoglobina glicada (A1c). Un diagnóstico clínico claro de diabetes requiere al menos dos resultados alterados de glucosa plasmática aleatoria ≥ 200 mg/dL o un valor de A1c $\geq 6.5\%$. Este diagnóstico suele ir acompañado de la presencia de síntomas clásicos como polifagia, poliuria, polidipsia, pérdida de peso sin causa aparente o cetoacidosis (ElSayed et al., 2025).

La diabetes representa una crisis sanitaria mundial con un impacto social significativo. Según estimaciones de la Federación Internacional de Diabetes en 2025, aproximadamente 540 millones de personas en el mundo viven con diabetes. Para el año 2050 se estima un incremento a 853 millones casos, es decir, 1 de cada 8 adultos, lo que representa un aumento del 46% en la prevalencia mundial (Magliano et al., 2025). Por otro lado, en México, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición en 2022 reportó que alrededor de 12.4 millones de personas viven con diabetes, posicionándola como la segunda causa de muerte en el país (Basto-Abreu et al., 2023). Se estima que, para el año 2050, esta cifra se elevará a 20 millones, lo que representa un aumento del 43% en la prevalencia nacional (Basto-Abreu et al., 2021).

Durante la diabetes, la incapacidad para controlar los niveles de glucosa en sangre a largo plazo se asocia con el desarrollo de complicaciones de la diabetes microvasculares y macrovasculares, como insuficiencia renal crónica, retinopatía diabética, neuropatía diabética, enfermedades cardiovasculares (Čugalj Kern et al., 2022) y alteraciones del músculo esquelético (Tammineni et al., 2025). Estas complicaciones reflejan el impacto sistémico de una alteración metabólica, particularmente en tejidos sensibles a la insulina como el músculo esquelético (Dodson et al., 2022). El deterioro de la función muscular en pacientes con diabetes compromete la captación de la glucosa y genera un desequilibrio en la homeostasis redox (Tammineni et al., 2025). En consecuencia, se establece un círculo vicioso que perpetúa la progresión de las complicaciones de la diabetes y compromete la calidad de vida de los pacientes (Xu et al., 2023).

A la par, la hiperglucemia crónica en la diabetes conduce al desarrollo de estrés oxidativo, caracterizado por el desbalance entre oxidantes como las especies reactivas de oxígeno (ERO) y los antioxidantes. Entre los principales mecanismos implicados en la generación excesiva de ERO se encuentran la autooxidación de la glucosa, la generación de sorbitol a través de la activación de la vía de aldosa reductasa, el aumento de los productos finales de glicación avanzada (AGEs), alteraciones en el funcionamiento de las mitocondrias y la alteración en la vía de señalización del factor 2 relacionado con el factor 2 (NRF2) (Yi et al., 2024). Frente al estrés oxidativo, las células activan mecanismos de respuesta adaptativa para mantener la homeostasis redox, en los cuales NRF2 desempeña un papel central. Este factor de transcripción, considerado un regulador maestro de la defensa antioxidante, controla la expresión de genes involucrados en la biogénesis mitocondrial, la inflamación, el metabolismo de lípidos, carbohidratos y hierro, la respuesta autofágica y proteasomal, así como en la reparación del ADN (Dodson et al., 2022).

En el músculo esquelético NRF2 desempeña un papel fundamental en la regulación de la homeostasis redox. En condiciones fisiológicas, NRF2 se mantiene en el citoplasma en bajas concentraciones debido a su interacción con la proteína 1 asociada a ECH similar a Kelch (Keap1). Keap1 actúa como regulador negativo al facilitar la ubiquitinación de NRF2, marcándolo para su degradación a través de la vía proteasomal 26S. Sin embargo, durante el estrés oxidativo, la modificación de residuos críticos de cisteína en Keap1 altera su estructura, lo que impide la degradación de NRF2. Esta inhibición permite que NRF2 active la expresión de los elementos de respuesta antioxidante (ARE), para favorecer la transcripción de genes que codifican enzimas antioxidantes y proteínas citoprotectoras (Fasipe & Laher, 2023).

NRF2 regula la expresión de más de 300 genes diana, incluidos aquellos que codifican enzimas clave como la glutatión peroxidasa (GPx), la superóxido dismutasa (SOD), la catalasa (CAT) y la γ -glutamylcisteína sintetasa (GCL). De esta manera, NRF2 desempeña un papel esencial en la síntesis de antioxidantes no enzimáticos, como el glutatión reducido (GSH) (Ebrahimi et al., 2025). Sin embargo, en condiciones de hiperglucemia, la generación excesiva de ERO conduce a la regulación negativa de la vía de NRF2, resultando en una menor transcripción de sus genes blanco, el desequilibrio redox de la célula y en el desarrollo de complicaciones metabólicas asociadas a la diabetes, como se ha observado en estudios en ratas con diabetes (Gao et al., 2016; Mousavi et al., 2022).

Dado el papel central de NRF2 en la defensa antioxidante y la salud celular, su regulación se considera clave en la prevención y tratamiento de las complicaciones diabéticas. Por ello, la vía NRF2/ARE representa una diana terapéutica prometedora para el tratamiento de las alteraciones relacionadas con la diabetes (Ebrahimi et al., 2025). En este contexto, el ejercicio físico constituye una estrategia fundamental dentro del tratamiento de la diabetes. Este se define como una actividad física planificada, estructurada y repetitiva, cuyo objetivo es mejorar o mantener la condición física (Caspersen et al., 1985; Reisman et al., 2024). Entre los distintos tipos de ejercicio físico, el ejercicio aeróbico, que, fisiológicamente depende de la producción de energía en presencia de oxígeno, destaca por su capacidad para inducir adaptaciones a nivel cardiovascular y respiratorio (Kanaley et al., 2022). Este tipo de ejercicio incluye actividades físicas sostenidas como caminar o correr, que involucran grandes grupos musculares y pueden mantenerse durante varios minutos u horas (Patel et al., 2017).

En este sentido, el conjunto de sesiones de ejercicio físico durante un periodo de tiempo recibe el nombre de entrenamiento físico (Reisman et al., 2024). El entrenamiento aeróbico de intensidad moderada es ampliamente utilizado en la práctica clínica como una estrategia eficaz para la prevención y el tratamiento de enfermedades cardiometabólicas como la diabetes (Gripp et al., 2021). Este se caracteriza por su ejecución sostenida a intensidades que oscilan entre el 50–75% de la frecuencia cardíaca máxima (FCMáx), con una duración de 10 a 50 minutos por sesión (Reisman et al., 2024).

El entrenamiento aeróbico favorece la captación de glucosa, la regulación positiva de los sistemas de defensa antioxidante endógena y fortalece la capacidad del organismo para contrarrestar el daño oxidativo sobre las moléculas biológicas, mejorando la función muscular y la resiliencia oxidativa (Tkaczenko & Kurhaluk, 2025). Se ha observado que, el entrenamiento aeróbico activa de manera consistente la señalización mediada por NRF2 en el músculo esquelético e incrementa la expresión de enzimas como SOD y CAT (Shamsnia et al., 2023). En estudios con ratones sanos, el entrenamiento aeróbico incrementó la expresión de ARNm de NRF2 y aumentó la cantidad de su proteína en el músculo esquelético (Wang et al., 2016).

La Asociación Americana de Diabetes (ADA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomiendan realizar mínimo 150 minutos semanales de actividad física de intensidad moderada, de preferencia evitando periodos de descanso superiores a dos días consecutivos para prevenir enfermedades cardíacas y muerte prematura (ElSayed et al., 2025). En pacientes con diabetes, el entrenamiento aeróbico constituye una parte fundamental del tratamiento de la enfermedad, ya que contribuye al control glucémico, disminuye los niveles de A1c y ayuda a preservar la función del músculo esquelético (Riddell et al., 2017).

Cabe destacar que los múltiples beneficios del entrenamiento aeróbico en el músculo esquelético se han demostrado en individuos en condiciones sanas, sin embargo, el impacto que este tipo de entrenamiento puede tener en condiciones de diabetes ha sido escasamente explorado, particularmente su influencia a nivel transcripcional. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto del entrenamiento aeróbico de intensidad moderada sobre la expresión del gen NRF2 en músculo esquelético de ratas con diabetes.

PARTE EXPERIMENTAL

Se utilizaron quince ratas macho de la cepa Wistar (180-200 g), las cuales fueron divididas aleatoriamente en 3 grupos (n=5): Control Sano (CS), Diabetes Sedentario (DS) y Diabetes con Ejercicio (D+E). La diabetes se indujo por medio de la administración intraperitoneal del fármaco STZ (Sigma Aldrich, S030, Saint Luis, MO, USA) a una dosis única de 65 mg/kg de peso corporal. Para su preparación, el fármaco se diluyó en una solución buffer fosfato salino (PBS, Dulbecco [Sigma Aldrich, D1408, Saint Luis, MO, EUA]) ajustando el pH a 4.5 con ácido cítrico 0.5 M. 48 horas posteriores a la inducción, se midió la glucosa para verificar la condición diabética, considerando valores ≥ 250 mg/dL. En los animales del grupo D+E, la intervención de ejercicio físico se llevó a

cabo utilizando una banda sin fin, la cual se encontró seccionada en 9 áreas con una estructura fabricada con acrílico adaptada a las dimensiones de la banda y tamaño de los animales.

Antes de comenzar con el periodo de entrenamiento, las ratas tuvieron 2 días como periodo de habituación, en dicho periodo las ratas fueron colocadas en la banda sin fin, inmóvil por 1 h/día. Posteriormente las ratas tuvieron 3 días de acondicionamiento físico, en el cual, fueron colocadas en la banda sin fin en actividad ajustada a una velocidad inicial de 15 m/min durante 10 min; dicha velocidad y tiempo fue incrementando gradualmente hasta alcanzar el tiempo y velocidad del programa de entrenamiento. El protocolo de entrenamiento aeróbico consistió en periodos de 5 min a una velocidad de 15 m/min de fase inicial, 20 min a una velocidad de 20 m/min de fase medular y 5 min a una velocidad de 15 m/min de fase final. De este modo cada sesión tuvo una duración de 30 minutos (Solheim et al., 2014). La velocidad utilizada en la banda corresponde a una intensidad entre 50% (15 m/min) y 70% (20 m/min) del $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (Høydal et al., 2007). El protocolo se aplicó 5 días por semana, durante un periodo de 8 semanas.

Al finalizar el protocolo de intervención, las ratas fueron eutanizadas por dislocación cervical y se realizó el aislamiento de los músculos sóleos de ambas patas. Los tejidos íntegros fueron almacenados en Trizol (TriReagent [Sigma Aldrich, Saint Louis, MO, EUA]), congelados inmediatamente a -195°C mediante el uso de nitrógeno líquido y almacenados a -84°C para el posterior análisis de la reacción en cadena de la polimerasa de transcripción inversa en tiempo real (RT-qPCR). Inicialmente, la extracción de ARN total de tejido músculo esquelético se realizó utilizando el método de tiocianato de guanidina (Chomczynski & Sacchi, 2006). Para la obtención del ADN complementario (ADNc), se utilizó el Kit QuantiNova Reverse Transcription (QIAGEN, Hilden, Alemania) siguiendo las recomendaciones del fabricante. La reacción para sintetizar el ADNc se efectuó en un termociclador (MJ Mini Thermal Cycler, BioRad, CA, EUA) con las siguientes condiciones: 3 min a 25°C , 20 min a 45°C y 5 min a 85°C . Posteriormente se realizó la técnica q-PCR por duplicado utilizando el Kit QuantiFast SYBR Green PCR (QIAGEN, Hilden, Alemania) en un termociclador QuantiStudio 3 Real-Time PCR Instrument (Applied Biosystems, ThermoFischer, CA, EUA). Las condiciones durante el ciclado en la q-PCR fueron: 1. Desnaturalización inicial a 95°C por 5 min. 2. La alineación de los cebadores y elongación de la cadena de ADNc, consistió en 40 ciclos de 10 s a 95°C seguido de 30 s a 60°C .

Para el análisis estadístico de los datos, se utilizó el software GraphPad Prism (versión 5.0, CA, EE. UU.). Los resultados se presentan como la media $\pm$ el error estándar de la media (E.E). Para determinar las diferencias estadísticas entre los distintos grupos, se empleó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, seguido de una comparación post-hoc mediante el método de Tukey, considerando un valor de $p \leq 0.05$ como estadísticamente significativo.

RESULTADOS

Efectos del entrenamiento aeróbico de intensidad moderada sobre la glucemia y la ganancia de peso corporal.

Posterior a la inducción de DT1, las ratas desarrollaron hiperglucemia persistente, lo que confirmó exitosamente el modelo de diabetes según los criterios establecidos. Al finalizar el protocolo de intervención, las ratas del grupo diabetes sedentario (DS) presentaron niveles significativamente más elevados de glucosa en sangre, tanto en ayuno como postprandial, en comparación con el grupo control sano (CS) ($p < 0.0001$). No obstante, en el grupo con diabetes sometido a 8 semanas de entrenamiento aeróbico (D+E), los niveles de glucosa en ayuno y postprandial fueron significativamente menores en comparación con el grupo DS ($p < 0.05$). En cuanto a la ganancia de peso corporal, esta fue significativamente menor en ambos grupos diabéticos (DS y D+E) en comparación con el grupo CS ($p < 0.0001$). A pesar de que se observó una tendencia a una mayor ganancia de peso en el grupo D+E en comparación con el grupo DS, esta diferencia no alcanzó significancia estadística (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de glucosa en sangre y peso corporal de los animales en los diferentes grupos experimentales al finalizar la intervención.

Grupo	Glucosa Basal (mg /dL)	Glucosa Postprandial (mg /dL)	Ganancia de Peso (g)
CS	79 ± 3.01	100.7 ± 4.47	171.5
DS	489.4 ± 52.73 *#	554.1 ± 33.88 *	55.4 *
D+E	250.8 ± 56.07 *#	374.1 ± 86.58 *#	87.1 *

Los datos se expresan como la media ± el error estándar de la media (E.E), n=5 en todos los grupos. Control sano (CS), Diabetes Sedentario (DS), Diabetes con Ejercicio (D+E). * $p < 0.0001$ comparado con el grupo CS. # $p < 0.05$ comparado con el grupo CD.

Efectos del entrenamiento continuo de intensidad moderada sobre la expresión de NRF2 en músculo esquelético.

En la figura 1 se muestra la expresión de ARNm de NRF2 en el músculo sóleo. En lo que respecta al grupo DS, se observó que la expresión de ARNm es significativamente menor en comparación con el grupo CS ($p < 0.05$). En contraste, después de 8 semanas de intervención con el entrenamiento aeróbico, la expresión de NRF2 incrementó de forma significativa en el grupo D+E con respecto al grupo CS ($p < 0.0001$) y en comparación con el grupo DS ($p < 0.0001$).

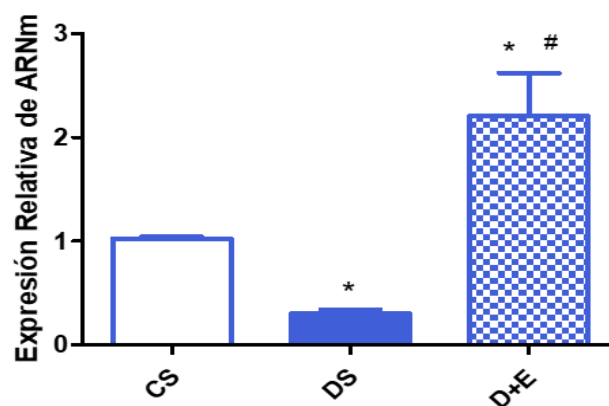


Figura 1. Efecto del entrenamiento aeróbico de intensidad moderada en la expresión de ARNm de NRF2 en músculo sóleo mediante RT-qPCR. Los datos se expresan como la media ± el error estándar de la media (E.E), n=5 en todos los grupos. Control sano (CS), Diabetes Sedentario (DS), Diabetes con Ejercicio (D+E). * $p < 0.05$ comparado con el grupo CS; # $p < 0.0001$ comparado con el grupo DS.

CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que 8 semanas de ejercicio aeróbico de intensidad moderada contribuyen a la disminución de la glucemia y atenúan la pérdida de peso corporal, además, tiene influencia a nivel transcripcional en el músculo esquelético al incrementar la expresión de NRF2, lo cual podría tener implicaciones en el fortalecimiento de la defensa antioxidante endógena muscular. Esta respuesta

podría ser clave para mitigar el estrés oxidativo inducido por la hiperglucemia crónica. Estos hallazgos refuerzan el potencial terapéutico del ejercicio físico como una estrategia no farmacológica en condiciones de diabetes.

BIBLIOGRAFÍA

- Basto-Abreu, A. C., López-Olmedo, N., Rojas-Martínez, R., Aguilar-Salinas, C. A., De la Cruz-Góngora, V. V., Rivera-Dommarco, J., Shamah-Levy, T., Romero-Martínez, M., Barquera, S., Villalpando, S., & Barrientos-Gutiérrez, T. (2021). Prevalence of diabetes and glycemic control in Mexico: national results from 2018 and 2020. *Salud Pública de México*, 63(6, Nov-Dic), 725–733. <https://doi.org/10.21149/12842>.
- Basto-Abreu, A., López-Olmedo, N., Rojas-Martínez, R., Aguilar-Salinas, C. A., Moreno-Banda, G. L., Carnalla, M., Rivera, J. A., Romero-Martínez, M., Barquera, S., & Barrientos-Gutiérrez, T. (2023). Prevalencia de prediabetes y diabetes en México: Ensanut 2022. *Salud Pública de México*, 65, s163–s168. <https://doi.org/10.21149/14832>.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports (Washington, D.C.: 1974)*, 100(2), 126–131.
- Chomczynski, P., & Sacchi, N. (2006). The single-step method of RNA isolation by acid guanidinium thiocyanate–phenol–chloroform extraction: twenty-something years on. *Nature Protocols*, 1(2), 581–585. <https://doi.org/10.1038/nprot.2006.83>.
- Čugalj Kern, B., Trebušak Podkrajšek, K., Kovač, J., Šket, R., Jenko Bizjan, B., Tesovnik, T., Debeljak, M., Battelino, T., & Bratina, N. (2022). The Role of Epigenetic Modifications in Late Complications in Type 1 Diabetes. *Genes*, 13(4), 705. <https://doi.org/10.3390/genes13040705>.
- Dianna J Magliano, E. J. B. I. G. L. P. P. R. P. Salpea. (2025). *11th Edition | 2025 Diabetes Atlas*. International Diabetes Federation.
- Dodson, M., Shakya, A., Anandhan, A., Chen, J., Garcia, J. G. N., & Zhang, D. D. (2022b). NRF2 and Diabetes: The Good, the Bad, and the Complex. *Diabetes*, 71(12), 2463–2476. <https://doi.org/10.2337/db22-0623>.
- Ebrahimi, R., Mohammadpour, A., Medoro, A., Davinelli, S., Saso, L., & Miroliaei, M. (2025). Exploring the links between polyphenols, Nrf2, and diabetes: A review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 186, 118020. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2025.118020>.
- ElSayed, N. A., McCoy, R. G., Aleppo, G., Balapattabi, K., Beverly, E. A., Briggs Early, K., Bruemmer, D., Ebekozien, O., Echouffo-Tcheugui, J. B., Ekhlaspour, L., Gaglia, J. L., Garg, R., Khunti, K., Lal, R., Lingvay, I., Matfin, G., Pandya, N., Pekas, E. J., Pilla, S. J., ... Bannuru, R. R. (2025). 2. Diagnosis and Classification of Diabetes: Standards of Care in Diabetes—2025. *Diabetes Care*, 48(Supplement_1), S27–S49. <https://doi.org/10.2337/dc25-S002>.
- Fasipe, B., & Laher, I. (2023). Nrf2 modulates the benefits of evening exercise in type 2 diabetes. *Sports Medicine and Health Science*, 5(4), 251–258. <https://doi.org/10.1016/j.smhs.2023.09.001>.
- Gao, D., Zhao, M., Qi, X., Liu, Y., Li, N., Liu, Z., & Bian, Y. (2016). Hypoglycemic effect of Gynostemma pentaphyllum saponins by enhancing the Nrf2 signaling pathway in STZ-inducing diabetic rats. *Archives of Pharmacol Research*, 39(2), 221–230. <https://doi.org/10.1007/s12272-014-0441-2>.
- Gripp, F., Nava, R. C., Cassilhas, R. C., Esteves, E. A., Magalhães, C. O. D., Dias-Peixoto, M. F., de Castro Magalhães, F., & Amorim, F. T. (2021). HIIT is superior than MICT on cardiometabolic health during training and detraining. *European Journal of Applied Physiology*, 121(1), 159–172. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04502-6>.
- Harreiter, J., & Roden, M. (2023). Diabetes mellitus – Definition, Klassifikation, Diagnose, Screening und Prävention (Update 2023). *Wiener Klinische Wochenschrift*, 135(S1), 7–17. <https://doi.org/10.1007/s00508-022-02122-y>.
- Høydal, M. A., Wisløff, U., Kemi, O. J., & Ellingsen, Ø. (2007). Running speed and maximal oxygen uptake in rats and mice: practical implications for exercise training. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 14(6), 753–760. <https://doi.org/10.1097/HJR.0b013e3281eacef1>.

- Mousavi, M., Abedimanesh, N., Mohammadnejad, K., Sharini, E., Nikkhah, M., Eskandari, M. R., Motlagh, B., Mohammadnejad, J., Khodabandehloo, H., Fathi, M., & Talebi, M. (2022). Betanin alleviates oxidative stress through the Nrf2 signaling pathway in the liver of STZ-induced diabetic rats. *Molecular Biology Reports*, 49(10), 9345–9354. <https://doi.org/10.1007/s11033-022-07781-8>
- Patel, H., Alkhawam, H., Madanieh, R., Shah, N., Kosmas, C. E., & Vittorio, T. J. (2017). Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system. *World Journal of Cardiology*, 9(2), 134. <https://doi.org/10.4330/wjc.v9.i2.134>.
- Reisman, E. G., Caruana, N. J., & Bishop, D. J. (2024). Exercise training and changes in skeletal muscle mitochondrial proteins: from blots to “omics.” *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 59(3–4), 221–243. <https://doi.org/10.1080/10409238.2024.2383408>.
- Riddell, M. C., Gallen, I. W., Smart, C. E., Taplin, C. E., Adolfsson, P., Lumb, A. N., Kowalski, A., Rabasa-Lhoret, R., McCrimmon, R. J., Hume, C., Annan, F., Fournier, P. A., Graham, C., Bode, B., Galassetti, P., Jones, T. W., Millán, I. S., Heise, T., Peters, A. L., ... Laffel, L. M. (2017). Exercise management in type 1 diabetes: a consensus statement. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 5(5), 377–390. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(17\)30014-1](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(17)30014-1).
- Solheim, T. J., Keller, B. G., & Fountaine, C. J. (2014). VO2 Reserve vs. Heart Rate Reserve During Moderate Intensity Treadmill Exercise. *International Journal of Exercise Science*, 7(4), 311–317.
- Tammineni, E. R., Manno, C., Oza, G., & Figueroa, L. (2025). Skeletal muscle disorders as risk factors for type 2 diabetes. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 599, 112466. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2025.112466>.
- Tkaczhenko, H., & Kurhaluk, N. (2025). Antioxidant-Rich Functional Foods and Exercise: Unlocking Metabolic Health Through Nrf2 and Related Pathways. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(3), 1098. <https://doi.org/10.3390/ijms26031098>.
- Xu, Y., Hu, T., Shen, Y., Wang, Y., Bao, Y., & Ma, X. (2023). Association of skeletal muscle mass and its change with diabetes occurrence: a population-based cohort study. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 15(1), 53. <https://doi.org/10.1186/s13098-023-01027-8>.
- Yi, M., Cruz Cisneros, L., Cho, E. J., Alexander, M., Kimelman, F. A., Swentek, L., Ferrey, A., Tantisattamo, E., & Ichii, H. (2024). Nrf2 Pathway and Oxidative Stress as a Common Target for Treatment of Diabetes and Its Comorbidities. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(2), 821. <https://doi.org/10.3390/ijms25020821>.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE *Staphylococcus Aureus* PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN MUESTRAS DE QUESO EN EL MERCADO DE PUERTO ESCONDIDO, OAXACA

Andrea Ximena Blanco-Varillas¹, Ethan de Jesus Santiago-Onofre¹, Margarita Bernabé-Pineda¹ y Mónica Marcela Galicia-Jimenez²

¹Instituto de Investigación de Farmacobiología, Universidad de la Cañada. Carretera Teotitlán – San Antonio Nananhuatipán Km 1.7 s/n., Paraje Titlacuatitla Teotitlán de Flores Magón Oax. C.P.68540.²Instituto de Investigación de Genética. Universidad del Mar Campus Puerto Escondido Ciudad Universitaria, Carretera Vía Sola de Vega, Puerto Escondido, San Pedro Mixtepec, Juquila, Oax., México, C.P. 71980.

lqc_andreabv@unca.edu.mx, , lqc_ethanjso@unca.edu.mx , tlaneci21@unca.edu.mx , mmgaliciaj@gmail.com

RESUMEN

La elaboración de quesos artesanales se ha convertido en una tradición culinaria en México además de una actividad económica que sustenta a las familias¹, existen diversos tipos de quesos el más conocido y consumido es el queso fresco por su inigualable sabor, podemos encontrarlo en diversos puestos como es el caso del Mercado de Puerto Escondido; no obstante, este queso se relaciona directamente con intoxicaciones alimentarias y con la transmisión de agentes patógenos. El *Staphylococcus aureus* es una bacteria presente en el medio ambiente causante de una gran cantidad de infecciones que van desde la colonización asintomática hasta la contaminación en heridas o neumonías², para la identificación de este microorganismo es necesario realizar tanto pruebas bioquímicas como pruebas moleculares. El objetivo del presente trabajo es identificar la prevalencia del *Staphylococcus aureus* en quesos que se venden cotidianamente en el mercado de Puerto Escondido, Oaxaca. Las muestras se procesaron por triplicado, se emplea el método de espátulado en placas de sal y manitol y posteriormente se realizan las pruebas de PCR a las colonias de interés para determinar la presencia del gen S23, virulencia y Locus para conocer las características moleculares de cada cepa, se realiza la prueba de resistencia a Meticilina en agar Mueller Hinton, y para determinar la capacidad de hemólisis de las cepas se emplea Agar Sangre, se observa en el microscopio las formas y agrupaciones mediante la tinción de Gram. El número de cepas iniciales obtenidas de una disolución 10⁻³ UFC fue de 515 de las cuales solo fueron seleccionadas 38 debido a sus características en el agar sal y manitol, al ir realizando las demás pruebas se descartaron algunas, después de comparar el antibiograma, el tipo de hemólisis y la tinción de Gram solo se seleccionaron las cepas que cumplieran con las siguientes características: Antibiograma + (Resistencia a la metilicina), tipo de hemólisis β y la observación de estafilococos y diplococos en la tinción de Gram, obteniendo así un total de 19 cepas a las cuales se les realizó el primer PCR para la identificación del gen 23S dando positivas 15, a estas cepas se le realizó el 2do PCR de virulencia encontrando 7 muestras con Enterotoxina E, 2 muestras con Enterotoxina D y 4 muestras con toxina etB, también a estas muestras se les realizó el PCR de Locus obteniendo un resultado negativo en todas las cepas. Con los resultados obtenidos hasta el momento se confirma la presencia de *Staphylococcus aureus* en quesos de venta al público en general, los cuales podrían ser fuentes de infección por la presencia de esta bacteria debido a la enorme cantidad de infecciones que puede provocar. La presencia de la Enterotoxina estafilocócica E es un superantígeno resistente a los jugos gástricos causante de intoxicaciones alimentarias causando síntomas como la diarrea y el vómito. Los resultados de la investigación pueden informar a las autoridades de salud pública y ayudar a desarrollar políticas y regulaciones más efectivas para controlar la presencia de patógenos en los alimentos, esto puede contribuir a mejorar la salud pública en general.

INTRODUCCIÓN

Staphylococcus aureus es una bacteria Gram positiva con forma característica de cocos, que pueden agruparse en parejas o en racimos. Su diámetro varía entre 0.8 y 1.5 micrómetros, y pertenece a la

familia Staphylococcaceae. Su metabolismo es anaerobio facultativo, además de ser coagulasa positivo, catalasa positiva y oxidasa negativa. Esta bacteria forma parte de la microbiota habitual de los seres humanos, colonizando principalmente la piel y la mucosa nasal en aproximadamente el 30% de la población. Sin embargo, frente a cambios ambientales, puede desarrollar adaptaciones que le confieren un comportamiento de patógeno oportunista, ocasionando infecciones que pueden variar de leves a graves, dependiendo de la zona afectada y su nivel de virulencia (Harkin et al., 2017).

Además de su presencia en humanos, *S. aureus* es uno de los principales patógenos responsables de intoxicaciones alimentarias debido a la producción de toxinas estafilocócicas (Torres 2021). Estas toxinas le confieren resistencia en el tracto digestivo, ya que los jugos gástricos son incapaces de eliminarlas. Si bien puede encontrarse en alimentos crudos y de origen animal, como verduras y leche, la principal causa de contaminación se debe a la falta de higiene, el uso de malas prácticas de manipulación y el contacto directo con superficies contaminadas (FAO, 2024; Gould, 2014; Van, 2017). Los productos de origen animal y lácteos que permanecen expuestos a temperatura ambiente por más de 8 horas sin refrigeración, o aquellos manipulados por portadores de la bacteria, representan un riesgo significativo de contaminación (Sánchez-Valdés et al., 2016). En el ámbito pecuario, *S. aureus* es el principal agente causal de mastitis bovina, lo que aumenta la probabilidad de transmisión de la bacteria en explotaciones ganaderas (Manjarrez et al., 2012, Castañeda et al., 2013).

Staphylococcus aureus, identificado como el principal agente causal de la mastitis bovina, se detecta en productos lácteos como consecuencia de esta enfermedad (Manjarrez et al., 2012; Castañeda et al., 2013). Para su control, se emplean antibacterianos, lo que ha favorecido la aparición de cepas resistentes a la meticilina (SARM).

Este estudio tuvo como objetivo aislar y caracterizar cepas de *S. aureus* resistentes a meticilina en queso fresco artesanal, considerando tres aspectos fundamentales: seguridad alimentaria, debido al riesgo de intoxicaciones causadas por sus toxinas; calidad del producto, ya que su presencia puede afectar la vida útil del queso; y resistencia a antibióticos, aspecto clave para garantizar la efectividad de los tratamientos y prevenir la propagación de cepas resistentes.

Dado que Puerto Escondido, Oaxaca es una región productora de queso fresco, donde algunos ranchos registran casos de mastitis bovina, y considerando sus altas temperaturas, es posible que se genere un microambiente propicio para el cultivo y crecimiento de *S. aureus*. Por ello, este microorganismo podría estar presente en el producto, representando un riesgo potencial de contaminación alimentaria.

TEORÍA

Al ser Puerto Escondido Oaxaca una zona en donde existen granjas productoras de queso fresco y algunas de ellas presentan casos de mastitis en bovinos y también por sus altas temperaturas, proporcionan un microambiente ideal para el cultivo y crecimiento de *Staphylococcus aureus* por lo que este microorganismo puede estar presente en este producto.

PARTE EXPERIMENTAL

Área de estudio

El queso fresco artesanal utilizado se adquirió en el mercado local ubicado en la ciudad de Puerto Escondido, municipio de San Pedro Mixtepec, en el estado de Oaxaca, México.

Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó en el laboratorio de Genética perteneciente a la Universidad del Mar Campus Puerto Escondido. Y la muestra se redujo mediante la técnica de cuarteo, tomando un gramo de la muestra y diluyendo en 9 ml de agua peptonada estéril y se realizaron diluciones

seriadas con solución salina estéril, posteriormente se sembró en cajas Petri con agar sal manitol y usando la técnica por extensión por triplicado. Se realizaron observaciones en el microscopio Binocular Primo Star Hal Full-kohler Carl Zeiss para su caracterización morfológica (tinción de Gram) y se sembraron en agar sangre para la prueba de hemólisis (α , β o γ).

Resistencia a Meticilina

Las cepas que presentaron que presentaron características morfológicas y bioquímicas para *S. aureus* se realizaron pruebas de resistencia al antibiótico mediante el método del antibiograma disco-placa (Hudzicki, 2009) en Agar Mueller Hinton.

Extracción de ADN

Las cepas que presentaron características morfológicas y bioquímicas a *S. aureus* y además presentaron resistencia a meticilina se extrajo el ADN genómico para su caracterización molecular por lisis física por cinco ciclos consecutivos de congelación (20 °C) y calentamiento (65 °C) durante 3 min. Tomando 2 microlitros de los lisados para su amplificación (Galicia-Jiménez et al., 2014).

Caracterización de *Staphylococcus aureus*.

Para la caracterización de *S. aureus* se realizó por PCR; para ello se usaron primers específicos:

Gen	Primers	Secuencia	Pb	Referencias
23S rRNA	StaphyF	ACGGAGTTACAAAGGACGAC	1251	El-Sayed <i>et al.</i> , (2006)
Gen factor de adhesión Evasión inmunológica Termonucleasa invasión	StaphyR	AGCTCAGCCTTAACGAGTAC	900-1000	El-Sayed <i>et al.</i> , (2006)
	clfAF	GGCTTCAGTGCTTGTAGG		
	clfAR	TTTTCAGGGTCAATATAAGC	580-660	Hookey <i>et al.</i> , (1998)
	CoaF	ATAGAGATGCTGGTACAGG		
	CoaR	GCTTCCGATTGTTTCGATGC	400	Cremonesi <i>et al.</i> , (2005)
	nucF	AGTTCAGCAAATGCATCACA		
	nucR	TAGCCAAGCCTTGACGAACT		

Para la amplificación se usó un termociclador BioRad®, la mezcla de reacción (50 μ L) que contenía 1X de buffer (Promega®), 0.5 mmol de $MgCl_2$ (BioTecMol), 1.25 u/ μ L TaQ polimerasa (Promega®), 0.2 mmol dNTP's (Sigma), primers 0.1 μ M. Para el PCR multiplex para *Staphylococcus* las muestras se sometieron a ciclos térmicos donde la temperatura de alineación era de 94 °C durante 5 min, seguido de 30 ciclos, manteniendo desnaturalización a la misma temperatura por 1 min. Posteriormente hibridación a 64 °C por 2 min, 58 °C por 2 min y 57 °C por 2 min. Aunado a una extensión a 72 °C por 90 seg y elongación final de 72 °C por 10 min; finalmente enfriamiento a -4 °C. Posteriormente se tomaron 5 μ L de cada muestra resultante de la amplificación y se repitió el proceso con las mismas condiciones. Los productos se comprobaron por electroforesis en gel de agarosa grado analítico 2%, con buffer TAE 1X (40 mmol Tris-HCl, 1 mmol EDTA/l, 1.14 μ L/L de ácido acético glacial, pH 7.8), se cargaron 25 μ L del producto amplificado y 5 μ L de buffer de carga a 80 volts por 2 horas, finalmente se tiñó en bromuro de etidio durante 25 min y se observó el gel en el transiluminador.

Perfil de virulencia de aislamientos de *Staphylococcus aureus*

Para el perfil de virulencia de *S. aureus* se usaron primers específicos:

Gen	Primers	Secuencia	pb	Referencias
Enterotoxina A	seaF	GGTTATCAATGTGCGGGTGG	102	Mehrotra <i>et al.</i> , (2000)
	seaR	CGGCACTTTTCTCTTCGG		
Enterotoxina B	sebF	GTATGGTGGTGTAACTGAGC	164	Mehrotra <i>et al.</i> , (2000)
	sebR	CCAAATAGTGACGAGTTAGG		
Enterotoxina C	secF	AGATGAAGTAGTTGATGTGTATGG	451	Mehrotra <i>et al.</i> , (2000).
	secR	CACACTTTTAGAATCAACCG		
Enterotoxina D	sedF	CCAATAATAGGAGAAAATAAAAG	278	Mehrotra <i>et al.</i> , (2000)
	sedR	ATTGGTATTTTTCGTTTC		
Enterotoxina E	seeF	AGGTTTTTTCACAGGTCATCC	209	Mehrotra <i>et al.</i> , (2000)
	seeR	CTTTTTTTTCTTCGGTCAATC		

Toxina exfoliativa etA	etaF	GCAGGTGTTGATTTAGCATT	93	Mehrotra <i>et al.</i> , (2000)
Toxina exfoliativa etB	etbF	AGATGTCCCTATTTTGTCTG		
	etbR	ACAAGCAAAAGAATACAGCG	226	Mehrotra <i>et al.</i> , (2000)
Toxina-1 del síndrome de choque tóxico	TSST-1	GTTTTTGGCTGCTTCTCTTG		
	TSST-2	ATGGCTATATACATTCAATT	350	Mullarky <i>et al.</i> , (2001)
		TTTCCAATAACCACCCGTTT		

Para la amplificación se empleó un termociclador BioRad®, la mezcla de reacción (50 µL) que contiene 1X de buffer, 0.5 mmol de MgCl₂, 1.25 u/µL TaQ polimerasa (Promega®), 0.2 mmol dNTP's (Sigma®), primers 0.08 µM. Las muestras fueron sometidas a ciclos térmicos donde la temperatura de alineación era de 94 °C durante 5 min, seguido de 30 ciclos adicionales, manteniendo desnaturalización a la misma temperatura por 2 min. Posteriormente se realizó hibridación a 55 °C por 2 min. Además de una extensión a 72 °C por 1 min y una elongación final de 72 °C por 5 min. Conservación a -4 °C. Posteriormente se tomaron 5 µL de cada muestra resultante de la amplificación y se repitió el proceso con las mismas condiciones. Los productos se comprobaron por electroforesis en gel de agarosa al 2 % con buffer TAE 1X (40 mmol Tris-HCl, 1 mmol EDTA/L, 1.14 µL/L de ácido acético glacial, pH 7.8), se cargaron 25 µL del producto amplificado y 5 µL de buffer de carga a 80 volts por 2 horas, se tiñó el gel en bromuro de etidio y finalmente se observaron las bandas resultantes en el transiluminador.

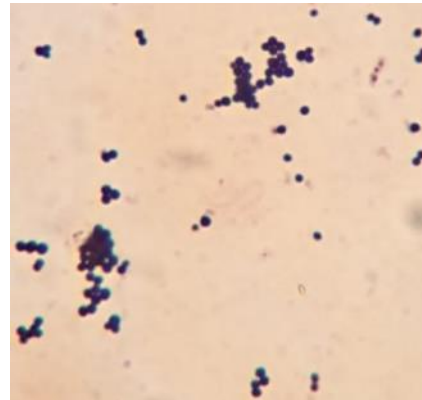
Cepa control

La cepa de referencia utilizada es *S. aureus* subsp. aureus (ATCC® 43300™) proporcionada por el M.C. Carlos Alberto Castañón Sánchez del Hospital Regional de Alta Especialidad de Oaxaca. Una de las características importantes de *S. aureus* es su capacidad para secretar toxinas que dañan las membranas de las células del hospedero (Castañón-Sánchez, 2012) cuyas características fenotípicas y genotípicas son *lukS/F-PV*, *mecA*,

RESULTADOS

Se obtuvieron 515 cepas, que fueron descartadas progresivamente con base en los resultados de las pruebas bioquímicas y morfológicas. En la prueba de fermentación del manitol, se excluyeron 38 cepas; en la evaluación de resistencia a antibióticos, se descartaron 34 cepas; en la prueba de β-hemólisis, se eliminaron 25 cepas. Finalmente, tras la tinción de Gram y el análisis de la morfología de agrupación, se descartaron 19 cepas, clasificadas como estafilococos y diplococo



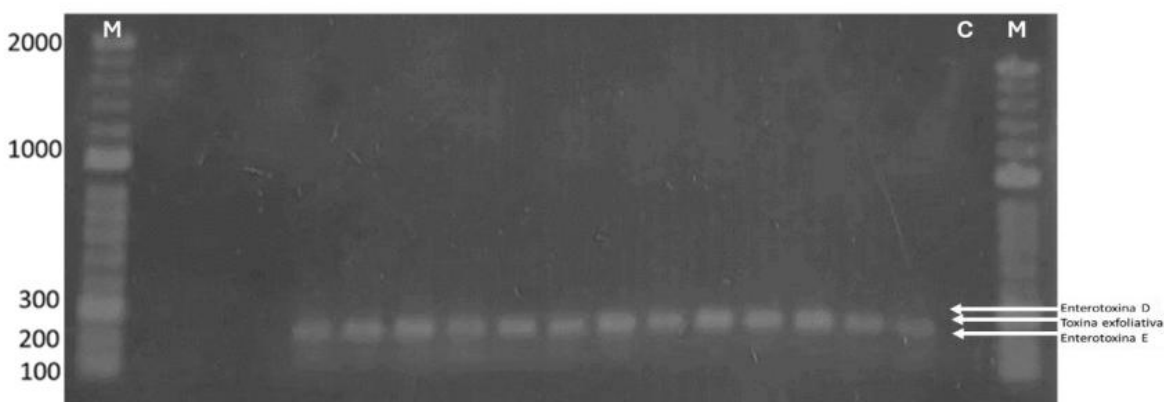


Las cepas sembradas en Agar Sal y Manitol, se observan colonias amarillas indicando la fermentación del manitol; en el Agar sangre las cepas tienen dos tipos de hemólisis α y β . En el Antibiógrama de Metilina en Agar Mueller Hinton podemos observar cepas con sensibilidad y resistencia al antibiótico y en la tinción de Gram las agrupaciones características de estafilococos y diplococos.

A las 19 cepas seleccionadas se les extrajo el ADN, y se realizó PCRm obteniendo 15 cepas con el gen 23S. Asimismo, cinco cepas presentaron los genes factor de adhesión (ClfA), evasión inmunológica (CoA) y termonucleasa de invasión (NuC). En donde vemos el producto de PCR multiplex para la detección de ADN perteneciente a *Staphylococcus aureus* y sus características. M. Marcador Hyperladder 1Kb, C. Cepa Control (ATCC 43300)



La detección del gen coagulasa (CoA) permitió diferenciar a *S. aureus* coagulasa positivo de otras especies de estafilococos coagulasa negativos, además de evidenciar su capacidad de producir la enzima extracelular responsable de la coagulación del plasma.



El Producto de PCR multiplex para la detección de ADN perteneciente a enterotoxinas de *Staphylococcus aureus*. M. Marcador Hyperladder 1Kb, C. Cepa Control (ATCC 43300). Genes amplificados enterotoxina D (sed, 278 pb), enterotoxina E (see, 209 pb), toxina exfoliativa B (etB, 226 pb).

S. aureus es un patógeno de importancia crítica para la salud pública y animal, identificado por la OMS (2024) como uno de los microorganismos prioritarios para el desarrollo de nuevos antibióticos. Su versatilidad le permite infectar tanto a seres humanos como a animales, destacándose como un agente clave en la mastitis bovina, una de las enfermedades más costosas para la industria láctea a nivel mundial (Valdez-Alarcón et al., 2015).

CONCLUSIONES

La importancia de estos hallazgos a nivel de “Una Sola Salud” es significativa por varias razones:
Salud Humana: La identificación de cepas de *Staphylococcus aureus* con genes de virulencia como CoA, ClfA, NuC y enterotoxinas (E, D y exfoliativa etB) es crucial para la salud pública. Estas cepas pueden causar infecciones graves en humanos, incluyendo intoxicaciones alimentarias y enfermedades cutáneas. La capacidad de diferenciar *S. aureus* coagulasa positivo de otras especies permite un diagnóstico más preciso y un tratamiento más efectivo.

Salud Animal: *S. aureus* no solo representa un riesgo para la salud humana, sino que también puede causar enfermedades en animales de granja, como la mastitis bovina. La mastitis es una inflamación de la glándula mamaria que afecta la producción de leche y la salud general del ganado, lo que puede tener un impacto económico significativo en la industria lechera. La presencia de estas cepas virulentas en el queso fresco sugiere una posible fuente de contaminación que puede afectar tanto a los animales de granja como a los humanos que consumen estos productos. La vigilancia y el control de *S. aureus* en la cadena alimentaria son esenciales para prevenir brotes de enfermedades zoonóticas y garantizar la seguridad alimentaria.

Salud Ambiental: La producción y manipulación de alimentos contaminados con *S. aureus* pueden tener implicaciones ambientales, ya que las bacterias pueden propagarse a través de desechos y aguas residuales. La identificación de cepas virulentas ayuda a implementar mejores prácticas de higiene y manejo de residuos para reducir la contaminación ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- Castañeda, VH., Jäger, S., Wolter, W., Zschöck, M., Castañeda, VM. and El-Sayed, A., 2013. Isolation and identification of main mastitis pathogens in Mexico. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65: pp 377382. <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/zf7V9sF6HjYtw8L3bJc95xH/?lang=en>
- Cremonesi, P., Luzzana, M., Brasca, M., Morandi, S., Lodi, R., Vimercati, C., Agnellini, D., Caramenti, G., Moroni, P. & Castiglioni, B. (2005). Development of a multiplex PCR assay for the identification of *Staphylococcus aureus* enterotoxigenic strains isolated from milk and dairy products. *Molecular and Cellular Probes*, 19 (5): 299305. <https://doi.org/10.1016/j.mcp.2005.03.002>
- El-Sayed, A., Alber, J., LämmLer, C., Jäger, S., Wolter, W. and Castañeda-Vázquez, H., 2006. Estudio comparativo de las características genotípicas de cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas de casos de mastitis clínica y subclínica en México. *Veterinaria México*, 37 (2): 165-179. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=8854>
- FAO [Food and Agriculture Organisation]. Peligros para la salud. <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/peligros-para-la-salud/es/> [accedido el 03/04/2024].
- FAO [Food and Agriculture Organisation]. Milk and milk products in human nutrition. E. Muehlhoff, A. Bennett and D. McMahon. Rome. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. 2013. www.fao.org/docrep/018/i3396e/i3396e.pdf [accedido el 03/04/2024]
- FAO [Food and Agriculture Organisation]. Peligros para la salud. <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/peligros-para-la-salud/es/> [accedido el 03/04/2024].
- Galicia-Jiménez M M., Rojas-Herrera R., Sandoval-Castro C., Murialdo S E., and Magaña-Sevilla H., 2014. Chemotactic responses of the rumen bacterial community towards the daidzein flavonoid. *Livestock Science*. 167, pp 121-125 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141314002583>
- Gould LH, Mungai E, Behravesh CB. 2014. Outbreaks attributed to cheese: differences between outbreaks caused by unpasteurized and pasteurized dairy products, United States, 1998-2011. *Foodborne Pathog Dis*. 11(7):545-51. <https://doi.org/10.1089/fpd.2013.1650>
- Harkins CP, Pichon B, Doumith M, Parkhill J, Westh H, Tomasz A, de Lencastre H, Bentley SD, Kearns AM, Holden MTG. (2017). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* emerged long before the introduction of methicillin into clinical practice. *Genome Biol*. 18(1):130. <https://doi.org/10.1186/s13059-017-1252-9>
- Hookey JV, Richardson JF, Cookson BD. (1998). Molecular typing of *Staphylococcus aureus* based on PCR restriction fragment length polymorphism and DNA sequence analysis of the coagulase gene. *Journal of Clinical Microbiology*. 36(4):1083-9. <https://doi.org/10.1128/jcm.36.4.1083-1089.1998>
- Hudzicki, J. (2009). Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol. American society for microbiology, 15(1), 1-23. <https://asm.org/getattachment/2594ce26-bd44-47f6-8287-0657aa9185ad/Kirby-Bauer-Disk-Diffusion-Susceptibility-Test-Protocol-pdf.pdf#:~:text=The%20purpose%20of%20the%20Kirby%20Bauer%20disk%20diffusion,treatment%20options%20for%20his%20or%20her%20patients.>
- Manjarrez López, Ana María, Díaz Zarco, Soledad, Salazar García, Félix, Valladares Carranza, Benjamín, Gutiérrez Castillo, Adriana del Carmen, Barbabosa Pliego, Alberto, Talavera Rojas, Martín, Alonso Fresán, María Uxúa, & Velázquez Ordoñez, Valente. (2012). Identificación de biotipos de *Staphylococcus aureus* en vacas lecheras de producción familiar con pecuarias, 3(2), 265-274. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000200008&lng=es&tlng=es.
- Mehrotra, M., Wang, G. & Johnson., W. M. (2000). Multiplex PCR for detection of genes for *Staphylococcus aureus* enterotoxins, exfoliative toxins, toxic shock syndrome toxin 1, and methicillin resistance. *Journal of Clinical Microbiology*, 38 (3): 10321035. <https://doi.org/10.1128/jcm.38.3.1032-1035.2000>
- Mullarky, IK., Su, C., Frieze, N., Park, YH. and Sordillo, LM., 2001. *Staphylococcus aureus* agr Genotypes with Enterotoxin Production Capabilities Can Resist Neutrophil Bactericidal Activity. *Infection and Immunity*, 69(1), pp 4551. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC97853/>

- OMS (2024). La OMS publica la lista de las bacterias para las que se necesitan urgentemente nuevos antibióticos. <https://www.who.int/es/news/item/2702-2017-who-publishes-list-ofbacteria-forwhich-new-antibiotics-areurgently-needed>. Fecha de consulta: 18 de abril de 2025.
- Torres Segarra, Silvia Monserrath, & Pacheco Cárdenas, Karla Estefanía. (2021). *Staphylococcus aureus* resistentes a meticilina en alimentos. *Vive Revista de Salud*, 4(12), 23-35. <https://doi.org/10.33996/revistavive.v4i12.106>
- Valdez-Alarcón, J. J., Bustos Martínez, J., Baizabal Aguirre, V. M., Bravo-Patiño, A., Moctezuma, M. and Juárez, M., 2015. *Staphylococcus aureus* asociado a la mastitis bovina: un enfoque epidemiológico – funcional. En H. Castañeda Vázquez, V. Velázquez Ordoñez, W. Wolter, J. Svarc Gajic, C. Bedolla Cedeño, and J. E. Guerra Liera (Eds.), *Producción y calidad de la leche* (pp. 257-272). Primera edición.
- Van Asselt ED, van der Fels-Klerx HJ, Marvin HJP, van Bokhorst-van de Veen H, Groot MN. 2017. Overview of Food Safety Hazards in the European Dairy Supply Chain. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 16(1):59-75. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12245>

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CÁNCER DE MAMA A TRAVÉS DE ESPECTROSCOPIA RAMAN Y MACHINE LEARNING

Lourdes Giselle De la Torre Gutiérrez¹, Brenda Esmeralda Martínez Zérega¹, José Luis González Solís¹, Lariab Akhtar¹, David Omar Oseguera Galindo², Luis Adolfo Torres González³.

¹Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de los Lagos, ²Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de los Valles, ³Universidad Iberoamericana, Campus León.

lourdes.delatorre2660@alumnos.udg.mx

RESUMEN

En el mundo, el cáncer de mama es de interés en temas de salud pública debido a su prevalencia, de acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS)¹, en 2022 fue el tipo de cáncer más común en mujeres de 157 países, por ello es necesario buscar técnicas que permitan el mejor manejo de la enfermedad. En este trabajo se propone el uso de la Espectroscopia Raman y Machine Learning como técnicas auxiliares en el diagnóstico de la enfermedad y en la detección de un anticuerpo biomarcador (HER2). Con ese fin, se trabajó con 8 muestras de suero sanguíneo de mujeres con cáncer de mama sin tratamiento, y 14 de mujeres sanas (controles), todas provistas por el Centro de Investigación Biomédica de Occidente (CIBO), además de utilizar el anticuerpo puro HER2 (Leica Biosystems) como biomarcador del cáncer. Para cada una de las muestras y para el anticuerpo puro, se colocó una gota en un sustrato de aluminio a fin de ser examinada con el microscopio integrado en el sistema Raman Horiba Jobin Yvon LabRAM HR800, resultado de lo anterior, se obtienen los espectros Raman. A continuación, se realizó una mezcla en proporción 1:1 de anticuerpo puro con cada una de las muestras de cáncer y de controles, donde todas pasaron por el procedimiento anteriormente mencionado para la obtención de espectros Raman. Se llevó a cabo un cálculo de espectros Raman promedio de cada grupo de muestras para la identificación de biomoléculas presentes en ellas. Finalmente se procedió con el análisis de los espectros usando Machine Learning, especialmente la técnica de Análisis de Componentes Principales (PCA), para ello se implementó por grupos, comenzando con los espectros Raman sin mezcla de anticuerpo (cáncer y controles), añadiendo después los de anticuerpo puro, y finalmente el análisis para aquellos con la mezcla. El PCA fue capaz de discriminar entre los espectros de mujeres con cáncer y sanas, convirtiendo los espectros en puntos de una gráfica que muestran una separación, esta capacidad fue medida con el cálculo de especificidad, sensibilidad y exactitud, asimismo fue posible, gracias a los espectros Raman promedio, identificar qué biomoléculas juegan un papel más importante en la distinción de estos dos grupos, entre ellas el Glutathión y varios fosfolípidos. Con las mezclas de muestras con anticuerpo, el PCA pudo apreciar que, cuando a las mujeres con cáncer se les añade el anticuerpo, su grupo de puntos (espectros) tienden a ser bioquímicamente más similares a mujeres sanas que a mujeres con cáncer sin el anticuerpo, de manera similar, cuando a las mujeres sanas se les añade el anticuerpo, son más similares a mujeres con cáncer que a mujeres sanas sin dicha sustancia. Son resultados prometedores en cuanto a la utilidad de la espectroscopia Raman y del Machine Learning como herramientas para detección y análisis de biomarcadores en cáncer de mama.

INTRODUCCIÓN

Dentro del amplio espectro de enfermedades oncológicas, se encuentra una que resalta por ser de alta incidencia en las mujeres: el cáncer de mama. Datos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS)² mencionan que, además de ser el tipo de cáncer más frecuente, también es la principal causa de muerte por cáncer en las mujeres. Un aspecto que se debe considerar en su análisis es la subjetividad en la toma de decisiones médicas, la subjetividad deja su marca en la expresión de los síntomas, su interpretación y, sin duda, en la elección de tratamiento. El médico debe analizar múltiples factores para seleccionar el tratamiento ideal, entre éstos está el tamaño del tumor, el estado de receptores hormonales que se suelen considerar como biomarcadores (HER2, Estrógeno, Progesterona), etc³. Esto hace que la planificación médica sea en condiciones de incertidumbre o de

riesgo, reflejándose en la salud de los pacientes⁴. Aunque persiste la subjetividad, elementos como el diagnóstico temprano y los avances en el tratamiento han contribuido a mejorar el manejo de esta enfermedad, especialmente en la supervivencia, aunque lamentablemente muchos países tienen acceso restringido a estas posibilidades². Por ello, con el propósito de buscar alternativas objetivas para mejorar el diagnóstico y selección de tratamiento en pacientes con cáncer de mama, se propone en este trabajo una nueva herramienta de apoyo a las técnicas usadas en la actualidad, basada en el uso de la espectroscopía Raman y Machine Learning para el análisis de los datos.

La espectroscopía Raman permite caracterizar la composición química de células y tejidos a partir de un láser incidente que induce un cambio de energía en las moléculas⁵. Los datos recuperados de la espectroscopía Raman, también llamados espectros, pueden procesarse y visualizarse de manera más sencilla con un método, parte del Machine Learning, llamado Análisis de Componentes Principales (PCA), es una técnica estadística de múltiples variables que se utiliza para la reducción de dimensiones en un conjunto de datos, resaltando la información más importante. Su implementación permite diferenciar grupos o clases presentes en una serie de datos complejos, como pueden ser espectros Raman de muestras biológicas⁶⁻¹⁰.

Para la aplicación de los conceptos anteriores en el presente trabajo, se pretenden analizar muestras de suero sanguíneo de mujeres con cáncer de mama (sin tratamiento) y sanas (control). Posteriormente medir espectros Raman de cada muestra y conformar una base de datos de espectros. Analizando esta base de datos mediante PCA, se discriminará entre los espectros de los pacientes control y aquellos con cáncer de mama sin tratamiento. Además, dentro del grupo cáncer, se hará una separación para identificar aquellas pacientes positivas y negativas al receptor hormonal HER2.

Finalmente, se propone la identificación del receptor hormonal HER2 en muestras con cáncer y sanas. Con ese objetivo, se utilizará un anticuerpo identificador de HER2 (CB11, Leica Biosystems) en algunas de las muestras, a continuación, se medirán sus espectros Raman y se implementará el PCA para identificar cambios bioquímicos en ellas y compararse con los resultados sin anticuerpo. Con el cumplimiento de los objetivos de detectar cáncer de mama y su biomarcador HER2, se contribuye a facilitar la toma de decisiones médicas, lo que a su vez permite un mejor manejo de la enfermedad.

PARTE EXPERIMENTAL

Muestras de suero sanguíneo

Todas las muestras de suero sanguíneo requeridas para este estudio son proporcionadas por parte del Centro de Investigación Biomédica de Occidente (CIBO) ubicado en la ciudad de Guadalajara, Jalisco. Dicho centro de investigación tiene la capacidad de obtener muestras frescas que se adquieren día a día en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) en la misma ciudad. Se analizarán un total de 14 muestras de mujeres sanas y 8 de pacientes diagnosticadas con cáncer de mama sin alguna clase de tratamiento, en etapas III y IV de la enfermedad, las edades de todas están entre los 35 y 54 años. Además, para las personas con cáncer, se dispone de un historial clínico en el que se detalla su edad, diagnóstico y salud general.

Es necesario señalar que las muestras se mantienen en un ultra congelador TELSTAR a una temperatura de -80°C para su preservación, en el Laboratorio de Biofísica y Ciencias Biomédicas del Centro Universitario de los Lagos, UdeG. Cartas de consentimiento fueron firmadas por los pacientes participante en el proyecto.

Medición y procesamiento de espectros Raman

El Laboratorio de Biofísica y Ciencias Biomédicas cuenta con un equipo Raman Horiba Jobin Yvon LabRAM HR800. Este equipo dispone de un láser en el cercano infrarrojo de 830 nm, un criostato de nitrógeno líquido Linkam THMS600 para trabajar en temperaturas de -190°C a 600°C , y un microscopio confocal Olympus con plataforma XY motorizada (Ver Figura 1).

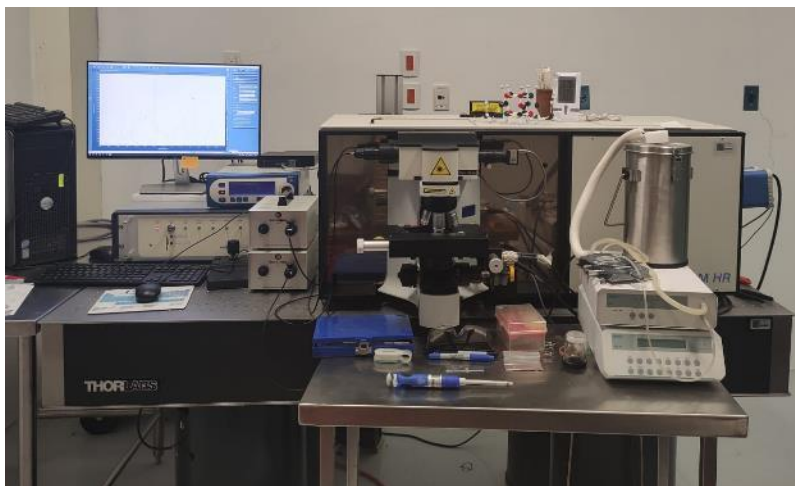


Figura 1. Equipo Raman utilizado.

Previo a la medición de espectros, el sistema Raman es calibrado utilizando una oblea de silicio, cuyo espectro Raman tiene un pico muy intenso en la posición 520 cm^{-1} . Una vez calibrado el equipo, una pequeña gota de suero sanguíneo es colocada sobre un portaobjetos, el cual previamente fue forrado con papel aluminio. A continuación, el láser se enfoca sobre la superficie de la muestra con un objetivo de 100X (Ver Figura 2). La muestra se expuso al láser durante 60 segundos con una potencia de 17 mW, con la cual, la degradación de las muestras no es posible. La región analizada es de 400 cm^{-1} a 1800 cm^{-1} , con una resolución espectral de $\sim 0.67\text{ cm}^{-1}$. Se analizan alrededor de 10 puntos diferentes de cada muestra para obtener un mejor muestreo estadístico.



Figura 2. Medición de espectro Raman.

Una vez obtenidos los espectros, estos son procesados y normalizados. Primeramente, a los espectros Raman se les aplica la corrección de línea base, consiste en el uso de un método de interpolación polinomial de orden tres o seis de once puntos para remover la contribución de la fluorescencia en cada espectro. Posteriormente, se utiliza un procesamiento de suavizado basado en el algoritmo de Savitzky–Golay, el cual usa una función polinomial de tercer grado con una ventana de once puntos. Finalmente, el espectro es normalizado usando el pico o banda más intensa, en este tipo de muestras, la más intensa es la banda 1002 cm^{-1} correspondiente al aminoácido fenilalanina.

Identificación de biomoléculas

Una vez procesados los espectros, se lleva a cabo la identificación de biomoléculas presentes en las muestras de suero sanguíneo correspondientes a las mujeres control y con cáncer de mama, esto mediante la asociación de cada uno de los picos Raman a las bandas características de los aminoácidos encontrados en este tipo de muestras¹¹.

Se realiza una comparación de los espectros Raman promedios de las pacientes control y cáncer de mama con el fin de identificar las diferencias entre sus componentes bioquímicos. Aunque se pueden observar diferencias entre los picos de ambos espectros promedios, posteriormente se aplica el método de PCA para realizar una comparación estadística entre todos los espectros medidos, PCA permite un estudio estadístico más completo e ilustrativo al resaltar las diferencias entre todos de espectros Raman medidos.

Análisis Estadístico

Ya identificadas las moléculas presentes, se debe discriminar entre los espectros asociados a cáncer de mama y controles aplicando el PCA. Las diferencias observadas entre ambos se traducen en diferencias bioquímicas entre mujeres con cáncer de mama y sanas. Estos algoritmos de PCA son implementados en el software de Matlab.

Primeramente, se conforma una matriz con todos los espectros procesados llamada matriz de datos. El algoritmo de PCA es aplicado en ella para observar los espectros Raman en el espacio de componentes principales. PCA permite la reducción de dimensiones del conjunto de datos y resalta las diferencias entre ellos mediante el uso de las primeras componentes. Si los componentes principales se utilizan como dimensiones en un nuevo espacio, PCA tiene la capacidad de englobar toda la información de todos los picos de un espectro en un punto de dicho espacio y, por lo tanto, cada punto representa un espectro. Además, el PCA permite observar los grupos o clústeres existentes en la base de datos conformada por espectros. Así, las primeras componentes del PCA permitirán observar las mayores diferencias entre los espectros control y los espectros de cáncer de mama^{12,13}.

La definición de la frontera de cada clúster da pauta a la determinación de los espectros verdaderos positivos (TP) y falsos negativos (FN), así como los verdaderos negativos (TN) y los falsos positivos (FP), permitiendo calcular la sensibilidad (capacidad para detectar a los enfermos), y especificidad (capacidad para detectar a los pacientes sanos o control) del método.

$$\text{Sensibilidad} = \frac{TP}{TP + FN}$$

Fórmula 1. Cálculo de la sensibilidad de un método.

$$\text{Especificidad} = \frac{TN}{TN + FP}$$

Fórmula 2. Cálculo de la especificidad de un método.

Identificación de receptor hormonal HER2

Se seleccionan a las mujeres con cáncer cuyo estado de receptor hormonal sea conocido, es decir, que su expediente médico mencione si es HER2+ o HER2-. A continuación, aplicar PCA exclusivamente a esos espectros y apreciar si se forman clústeres de acuerdo con el estado del HER2, además es indispensable delimitar la frontera entre los clústeres para el posterior cálculo de la sensibilidad y especificidad del PCA.

Como final de la parte experimental, se utiliza el anticuerpo CB11 para identificar la presencia de HER2 en algunas de las muestras cáncer y control, a continuación, se miden sus espectros Raman e implementa el PCA para identificar los cambios bioquímicos provocados por la añadidura del CB11, con el fin de resaltar dichos cambios, se hace la comparativa con el resultado del PCA de las muestras sin CB11.

Se espera que, al añadir anticuerpo a las pacientes con cáncer, tengan mayor semejanza bioquímica a una mujer sana que a una mujer con cáncer sin el anticuerpo, que se debe ver reflejado en un acercamiento de sus espectros al clúster de las sanas. Respecto a las sanas, si se añade anticuerpo a una de ellas, lo que se pretende observar es una semejanza bioquímica con una mujer con cáncer, lo que se puede manifestar en una aproximación de sus espectros al clúster de las mujeres con cáncer.

RESULTADOS

Se midieron un total de 70 espectros de pacientes con cáncer, 137 de mujeres sanas, todo lo anterior sin la mezcla con anticuerpo. Fueron obtenidos 50 espectros de cáncer con anticuerpo, de los cuales 20 eran HER2+ y 30 HER2-, finalmente se midieron 20 de controles con la mezcla.

Posteriormente, se calcularon los espectros promedio correspondientes a las mujeres control y cáncer, y realizaron sus comparaciones. Dado que son espectros característicos de muestras biológicas, fue posible asociar los picos o bandas Raman con biomoléculas específicas de acuerdo con sus posiciones, y por las intensidades, las concentraciones moleculares pueden ser calculadas. Los espectros promedios de las muestras control y cáncer de mama pueden ser contrapuestos en un mismo plano (ver Figura 3), donde al comparar un espectro con el otro hay bandas donde el espectro cáncer es más intenso que el control y viceversa. Se ilustra el caso de banda control más intensa que la de cáncer en la posición 1523 cm^{-1} (asociada al β -caroteno), por otra parte, la banda Raman del cáncer se muestra con mayor intensidad que la muestra control en la posición 450 cm^{-1} (correspondiente a Glutatión) y en la 1002 cm^{-1} (asociada a Fenilalanina).

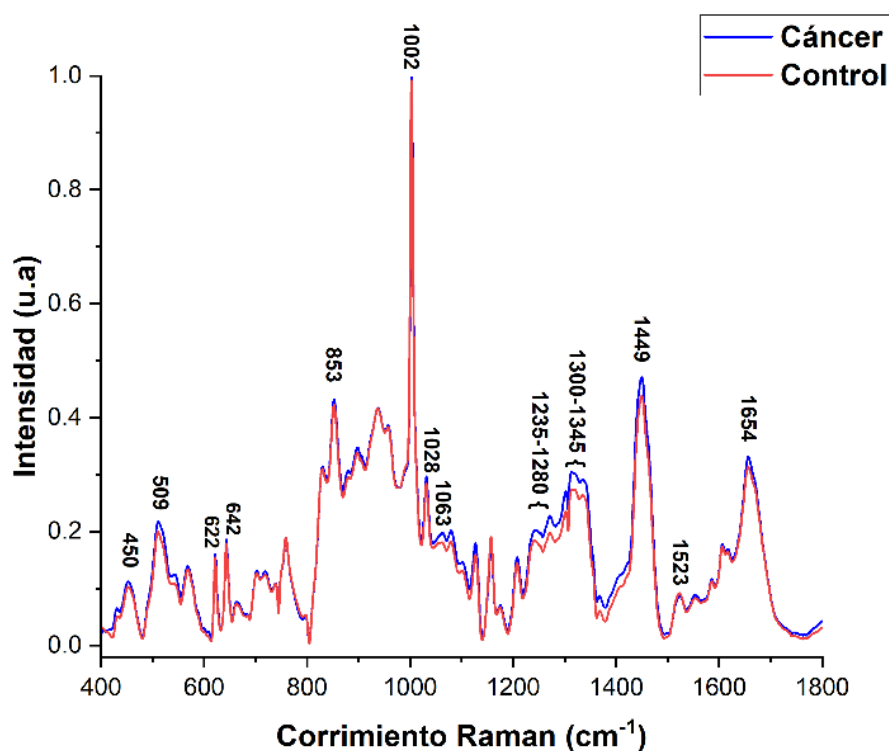


Figura 3. Espectros promedio de muestras con cáncer y controles, además de posiciones de algunas moléculas típicas.

La Tabla 1 resumen las principales biomoléculas identificadas en los espectros de las muestras de los pacientes control y cáncer de mama, junto a sus posiciones y la comparación de las dos bandas en esas posiciones. Recordar, que las diferencias observadas en la Figura 3, sólo es tomando en consideración los dos espectros promedios, un resultado más completo puede ser obtenido si las gráficas de las componentes principales del PCA contra los corrimientos Raman son calculadas.

Tabla 1. Biomoléculas características en muestras biológicas y comparativa de sus intensidades entre pacientes con cáncer de mama (CA) y controles (CO).

Posición (cm ⁻¹)	Biomolécula	Intensidad
450	Glutación	CA>CO
622	Fenilalanina	CA≈CO
642	Tirosina	CA≈CO
853	Tirosina	CA>CO
1002	Fenilalanina	CA>CO
1063	Fenilalanina	CA>CO
1230-1282	Amida III	CA>CO
1300-1345	Triptófano	CA>CO
1449	Fosfolípidos	CA>CO
1523	β-caroteno	CO>CA
1654	Amida I	CA>CO

La comparación con espectros promedio tiene la limitante de que sólo puede comparar dos espectros, para incluir todos los espectros en un solo análisis, se aplica el PCA. Con esta técnica, cada punto en el nuevo espacio de componentes principales representa información de todas las bandas de un espectro, el PCA permite discriminar entre los espectros control y cáncer de mama. En la gráfica de la Figura 4 se puede observar el resultado de aplicar el PCA a la matriz de datos y la formación de dos grandes grupos o clústeres. Al comparar esta distribución con el diagnóstico clínico de las pacientes, se identifica que el grupo de puntos rojos corresponde a los espectros Raman de las pacientes control, mientras que los puntos azules representan a las pacientes con cáncer. Por lo tanto, los puntos correspondientes a los espectros que más similitudes (semejanzas bioquímicas) presentan entre sí tienden a agruparse, mientras que los puntos correspondientes a los espectros con mayores diferencias (diferencias bioquímicas) entre ellos tienen a alejarse.

Los grupos formados por este análisis se dividen de manera más clara con la definición de una línea frontera, a partir de este límite se realizan los cálculos de especificidad y sensibilidad, siendo una especificidad del 83.14% y sensibilidad del 88.7%.

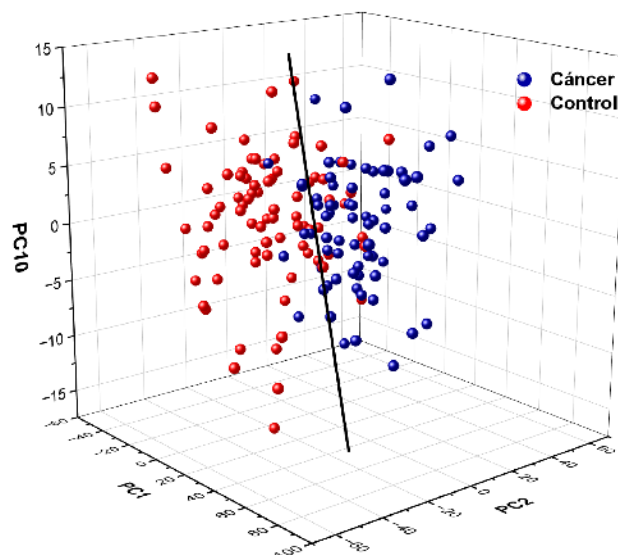


Figura 4. Análisis de PCA entre mujeres sanas y con cáncer de mama.

El análisis, al ser capaz de discriminar, resulta de utilidad en casos que se desee diagnosticar la enfermedad; bastaría con tomar una muestra de suero de una persona que se desconoce su estado de salud, agregarla a la matriz de datos, aplicar el PCA y a partir de ahí observar en qué grupo se encuentran estos nuevos espectros, en caso que los espectros de este paciente estén en el grupo de cáncer, quiere decir que sus espectros son más similares a los de pacientes con cáncer que a los pacientes sanos, por lo tanto, la persona se diagnostica con cáncer, en caso contrario, se reportaría que está sana.

A continuación, al proponer el análisis del receptor hormonal HER2, con la selección de las 5 pacientes con diagnóstico de HER2 previamente conocido, la medición de sus espectros y la aplicación de PCA, resultó en una distinción evidente entre los grupos HER2+ y HER2- (ver Figura 5), este análisis sería útil para complementar otros tipos de análisis enfocados en detectar biomarcadores, como es el análisis de Inmunohistoquímica, en ese tipo de análisis se detecta el estado de HER2 de una paciente a partir de extraerle tejido mamario¹⁴, sus resultados podrían fortalecerse sólo requiriendo una muestra de suero sanguíneo para medirle espectros y aplicar PCA, esto con el propósito de ver en qué grupo entran los puntos de la paciente, si la Inmunohistoquímica y PCA coinciden, hay menor duda sobre el estado HER2 de una paciente, por lo tanto, menor incertidumbre sobre hacia dónde enfocar su tratamiento.

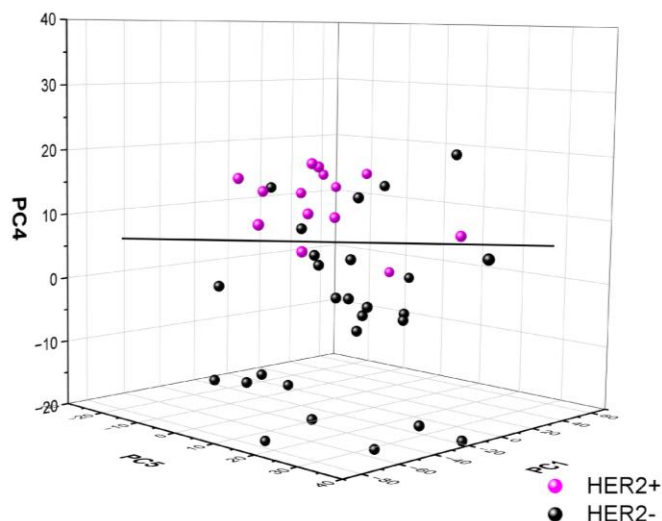


Figura 5. Gráfica de PCA con distinción de HER2 en pacientes con cáncer de mama.

En cuanto a la aplicación de anticuerpo CB11 a muestras de cáncer y control, al mezclar muestras de 2 controles con el CB11 y medirles espectros, se agregaron a la matriz de datos con los espectros cáncer y control sin anticuerpo, al aplicarle PCA a todos y considerando la línea frontera previamente trazada entre cáncer y control, se pudo apreciar que, todos los puntos asociados a controles con anticuerpo (color verde) están hacia la derecha, lado correspondiente a las mujeres con cáncer (color azul, ver Figura 6), lo anterior se asocia a que, al añadir el anticuerpo a la mujer sana, se está convirtiendo, bioquímicamente hablando, en una mujer enferma, ya que los anticuerpos en la sangre son una respuesta del sistema inmune ante una enfermedad, al agregarlo se está “enfermando” a la mujer sana, por ello la semejanza con el grupo cáncer¹⁵.

Cuando se agregó el anticuerpo a 5 muestras de cáncer, con la medición de espectros y el PCA se observó que, aproximadamente la mitad de los puntos de cáncer con anticuerpo están en la zona de los puntos relacionados con mujeres sanas (ver Figura 7). Lo anterior se puede interpretar como la respuesta usual del sistema inmune ante un agente extraño, intenta combatir la enfermedad generando anticuerpos para sanar a la persona, al añadir el CB11 a la muestra con cáncer, simula a una persona enferma tratando de sanar con ayuda de los anticuerpos¹⁵.

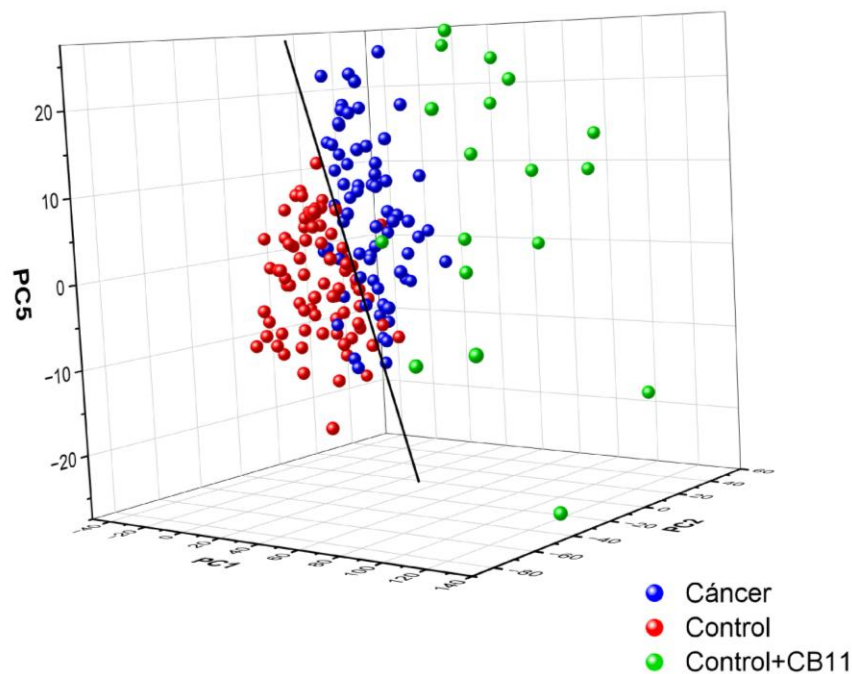


Figura 6. PCA entre mujeres sanas, mujeres con cáncer y mujeres sanas con anticuerpo (CB11).

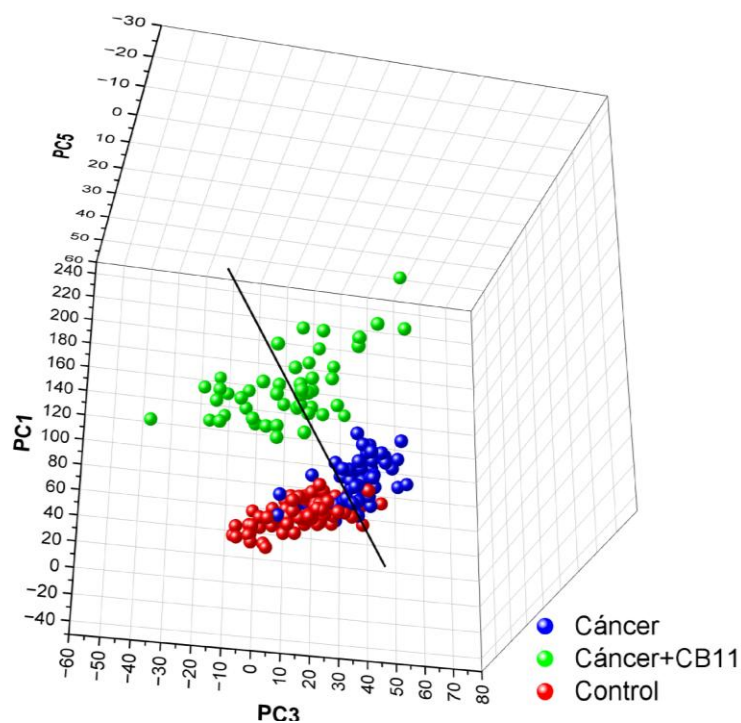


Figura 7. PCA entre mujeres con cáncer, mujeres sanas y mujeres con cáncer y anticuerpo (CB11).

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares reportados hasta este momento nos indican que la espectroscopia Raman y el Análisis de Componentes Principales permiten discriminar entre los espectros Raman de las muestras de suero sanguíneo de las pacientes sanas y con cáncer de mama con una

especificidad y sensibilidad alta. Además, la espectroscopia Raman permite la identificación de diferencias bioquímicas entre estos grupos de pacientes.

Algunos de los resultados de la identificación del biomarcador HER2 todavía están pendientes, pero los resultados obtenidos hasta el momento sugieren que cuando a una mujer sana se le altera con un anticuerpo (CB11), tiene mayores semejanzas bioquímicas con una mujer con cáncer que con una mujer sana sin dicho anticuerpo, de manera similar, al añadir CB11 a una mujer con cáncer, adquiere semejanzas bioquímicas con una mujer sana sin CB11.

Claramente, la espectroscopia y el análisis de componentes principales tiene todas las características para convertirse en excelentes herramientas de apoyo para los especialistas en las áreas biomédicas y clínicas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2024, 13 de marzo). Cáncer de mama. Who.int. Recuperado el 25 de febrero de 2025, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>
2. Organización Panamericana de la Salud. Cáncer de mama. Recuperado el 3 de junio de 2025, de <https://www.paho.org/es/temas/cancer-mama>
3. DiSaia, P. J., Creasman, W. T., Mannel, R. S., D. Scott McMeekin, & Mutch, D.G. (2018). Oncología ginecológica clínica. Elsevier Health Sciences.
4. Lifshitz A (2016) La continua intromisión de la subjetividad en las decisiones médicas. *Gac Med Mex* 152(4):437-438.
5. Kneipp K, Kneipp H. (2005). Ultrasensitive and nanoscale Raman spectroscopy in biomedicine, CLEO/Europe. 2005 Conference on Lasers and Electro-Optics Europe, 2005., Munich, 2005, pp. 616-616, DOI: 10.1109/CLEOE.2005.1568392.
6. Stone N, Kendall C. (2002) Near-infrared Raman spectroscopy for the classification of epithelial pre-cancers and cancers. *J Raman Spectrosc* 33:564–573.
7. González-Solís JL, Martínez-Espinosa JC, Torres-González LA, Aguilar-Lemarroy Adriana, Jave-Suárez Luis F, Palomares-Anda P (2014) Cervical cancer detection based on serum sample Raman spectroscopy. *Lasers Medical Science* 29 (3): 979-985.
8. Sanchez-Rojo SA, Martínez-Zerega BE, Velázquez-Pedroza EF, Martínez-Espinosa JC, Torres-González LA, Aguilar-Lemarroy Adriana, Jave-Suárez Luis F, Palomares-Anda P, González-Solís JL (2016) Cervical cancer detection based on serum sample surface enhanced Raman spectroscopy. *Revista Mexicana de Física* 62 (3): 213-218.
9. González-Solís JL, Villafan-Bernal JR, Martínez-Zerega BE, Sánchez-Enríquez S (2018) Type 2 diabetes detection based on serum sample Raman spectroscopy. *Lasers Medical Science* 33 (8): 1791-1797.
10. González-Solís JL, Martínez-Espinosa JC, Salgado-Román JM, Palomares-Anda P (2014) Monitoring of chemotherapy leukemia treatment using Raman spectroscopy and principal component analysis. *Lasers Medical Science* 29 (3): 1241-1249.
11. De Gelder J, De Gussem K, Vandenabeele P, Moens L (2007) Reference database of Raman spectra of biological molecules. *J. Raman Spectrosc.* 38: 1133-1147.
12. Pichardo-Molina JL, Frausto-Reyes C, Barbosa-García O, Huerta-Franco R, González-Trujillo JL, Ramírez-Alvarado CA, Gutiérrez-Juárez G, Medina-Gutiérrez C (2007) Raman spectroscopy and multivariate analysis of serum samples from breast cancer patients. *Lasers in Medical Science* 22:229–236.
13. Vargas-Obieta E, Martínez-Espinosa JC, Martínez-Zerega BE, Jave-Suárez LF, Aguilar-Lemarroy A, González-Solís JL (2016) Breast cancer detection based on serum sample surface enhanced Raman spectroscopy. *Lasers Med Sci* 31:1317-1324. DOI 10.1007/s10103-016-1976-x.
14. Selección y uso de pruebas diagnósticas in vitro esenciales. (2020). Organización Mundial de la Salud (OMS).

15. Cancer Research Institute (CRI). (2019, 30 de abril). How does the immune system work? Cancer Research Institute. Recuperado el 3 de junio de 2025, de: <https://www.cancerresearch.org/es/blog/how-does-the-immune-system-work>

RELACIÓN DE LA GASTRITIS CON HÁBITOS ALIMENTICIOS DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE 20 A 25 AÑOS

Encinas-Gómez Cesar Enrique¹; Orozco-Montes Francisco Manuel²

¹²Universidad Monterrey, Campus Morelia
enriqueeg.15@icloud.com

RESUMEN

La gastritis es una de las entidades inflamatorias crónicas más frecuentes en el ser humano. El 90 % de los casos están relacionados con infección por *Helicobacter pylori*. Los síntomas clásicos son reflujo, acidez estomacal, eructos, náuseas y vómito. La clasificación se basa en tres categorías Aguda, Crónica y Reactiva atendiendo a la naturaleza del infiltrado inflamatorio. Existen clasificaciones que consideran las causas subyacentes. Estas dependen de diferentes causas (tipo de Alimentación, Estrés, Estudio y el uso de Fármacos). El diagnóstico se realiza a través de estudios clínicos y endoscopia. El tratamiento varía según la causa subyacente, en general se recomienda modificar los hábitos alimenticios, evitar sustancias irritantes y en algunos casos la administración de medicamentos para reducir la producción de ácido gástrico o eliminar infecciones bacterianas. Dado el impacto en la salud, es fundamental comprender las causas y factores de riesgo de la gastritis para prevenir su aparición y mejorar la calidad de vida de quienes la padecen. En el presente proyecto se explora la relación entre el consumo de alimentos irritantes y la presencia de gastritis. Se espera obtener como resultado que los estudiantes de nutrición tengan buenos hábitos y no presenten gastritis. Se elaboró un instrumento con 19 reactivos a los cuales se les realizó una validación alfa de Cronbach mayor a 0.8. La encuesta se aplicó a estudiantes de la Licenciatura en Nutrición con una edad de 20 a 24 años, mediante el uso de Google Forms (v.1.9.52). Los encuestados respondieron de forma digital. Con la anterior se recopiló información del consumo de bebidas, alimentos y horarios. De las tres categorías se relaciona la información y se presentan los resultados relacionando gastritis con hábitos alimenticios. Toda la información recopilada personal y alimenticia se trató bajo código ético profesional y con confidencialidad, los participantes firmaron consentimiento informado para el uso de la información. El análisis estadístico fue correlacionado de reactivos, la información se presenta como frecuencia el porcentaje Del total de la población (n=50) se obtuvieron los siguientes resultados. El 54.2% de la población a veces consume bebidas gaseosas o industrializadas, 20.8% casi siempre las consume, 33.3% presenta acidez o reflujo después de comer, 45.8% nunca presenta dolor o ardor en la parte superior del abdomen, 41.7% tienen sensación de llenura o inflamación después de comer, 41.7% casi nunca después de comer presentan gases o eructos después de comer, 45.8% no presentan una pérdida de apetito. De lo anterior podemos concluir que los estudiantes de nutrición no presentan síntomas de gastritis relacionada con la alimentación. Esto puede deberse a una relación positiva entre los conocimientos adquiridos durante la carrera y la congruencia entre estos conocimientos adquiridos y los hábitos personales.

INTRODUCCIÓN

La gastritis es una de las enfermedades gastrointestinales más frecuentes a nivel mundial y se clasifica, según el Sistema de Sydney, en formas agudas y crónicas, siendo esta última subdividida en no atrófica, atrófica y tipos especiales (Seo et al., 2023). La gastritis atrófica (GA), reconocida como una condición preneoplásica, se caracteriza por la pérdida de las estructuras glandulares normales del estómago, reemplazadas por tejido conectivo o epitelio metaplásico en un contexto de inflamación crónica (Gudej et al., 2021). Actualmente, el manejo de la gastritis se centra en el control sintomático y la mitigación de las lesiones gástricas, dado que no existe un tratamiento curativo definitivo (Kim et al., 2023). En este sentido, una alimentación saludable juega un papel fundamental

no solo en la prevención de la obesidad y enfermedades crónicas no transmisibles, sino también en el mantenimiento de la salud gástrica (Organización Mundial de la Salud, 2016; Hilger et al., 2017).

El tránsito de la adolescencia a la adultez temprana, especialmente en el contexto universitario, representa un periodo crítico para la consolidación de hábitos alimentarios, los cuales frecuentemente son inadecuados, como el alto consumo de comida rápida, baja ingesta de frutas y verduras y el hábito de saltarse el desayuno, factores asociados a trastornos gástricos (Niemeier et al., 2006; Larson et al., 2012). Además, durante esta etapa, diversos factores como la autonomía en la elección de alimentos, el costo, la influencia social, el conocimiento nutricional y la presión académica inciden en la calidad de la dieta (Hafiz et al., 2023). Por ello, comprender los patrones y comportamientos alimentarios de jóvenes universitarios resulta esencial para el diseño de estrategias de promoción de la salud que fomenten una alimentación equilibrada y prevengan complicaciones relacionadas con la gastritis y otras enfermedades asociadas (Liu et al., 2024; Hilger et al., 2017).

TEORÍA

La gastritis es una de las enfermedades clínicamente diagnosticadas más comunes a nivel mundial. Según el Sistema de Sydney, puede clasificarse en gastritis aguda o crónica, y esta última se subdivide en no atrófica, atrófica y tipos especiales (Seo et al., 2023). La gastritis atrófica (GA) es una condición preneoplásica caracterizada por la pérdida de las estructuras glandulares del estómago, que son reemplazadas por tejido conectivo (atrofia no metaplásica) o por un epitelio anómalo (atrofia metaplásica), todo en un contexto de inflamación crónica (Gudej et al., 2021).

Actualmente, no existe un tratamiento específico para la gastritis; la atención se centra principalmente en controlar los síntomas y mejorar las lesiones gástricas (Kim et al., 2023). Este tratamiento se basa en aliviar manifestaciones como el dolor epigástrico, las náuseas, los vómitos y la distensión abdominal (Seo et al., 2023).

Adoptar una dieta saludable es fundamental para prevenir la obesidad y enfermedades no transmisibles como la diabetes tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2016). Promover una alimentación equilibrada es indispensable en todos los grupos de edad. Según la OMS (2016), una dieta saludable se caracteriza por un consumo elevado de frutas, verduras y cereales integrales, así como por la reducción del consumo de grasas saturadas, sal y azúcares refinados (Hilger et al., 2017).

El tránsito de la adolescencia a la adultez temprana es una etapa crucial para implementar estrategias de promoción de la salud, especialmente para fomentar hábitos alimentarios saludables. Sin embargo, investigaciones recientes evidencian que los hábitos alimentarios inadecuados son comunes entre los adolescentes. Estudios previos han identificado un elevado consumo de comida rápida, una ingesta insuficiente de frutas y verduras, y la tendencia a saltarse el desayuno como factores asociados a problemas gástricos (Niemeier et al., 2006; Larson et al., 2012).

Para muchos adultos jóvenes, la transición de salir del hogar para iniciar la universidad representa un cambio significativo que afecta tanto sus patrones alimenticios inmediatos como su estilo de vida a largo plazo (Hafiz et al., 2023). Diversos factores influyen en las decisiones dietéticas de estos jóvenes, tales como la libertad para elegir qué comer, el costo de los alimentos, la interacción con nuevos círculos sociales, la disponibilidad de recursos y habilidades para cocinar, el nivel de conocimiento en nutrición y la presión académica derivada de los exámenes (Hafiz et al., 2023).

La etapa universitaria es un período vulnerable en la vida, frecuentemente asociado con la aparición de diversos problemas de salud (Hafiz et al., 2023). Un estudio reveló que una mayor sensibilidad hacia la comida se asocia con un consumo elevado de alimentos preparados fuera del hogar, comidas picantes y bebidas azucaradas, mientras que una mayor respuesta a la saciedad se relaciona con una mayor tendencia a omitir comidas. El análisis de perfiles latentes (LPA) identificó

cuatro patrones de comportamiento relacionados con el apetito entre los participantes: individuos que buscan activamente la comida; quienes la buscan pero comen poco debido a factores emocionales; personas que tienden a evitar alimentos; y aquellas que evitan los alimentos pero tienden a comer en exceso como respuesta emocional (Liu et al., 2024).

Las investigaciones cualitativas son valiosas para profundizar en las razones que motivan los cambios en los hábitos alimentarios al inicio de la vida universitaria. Comprender estos factores es esencial para diseñar estrategias de promoción de la salud que fomenten una alimentación equilibrada (Hilger et al., 2017).

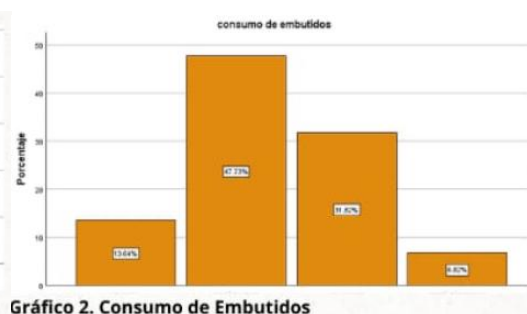
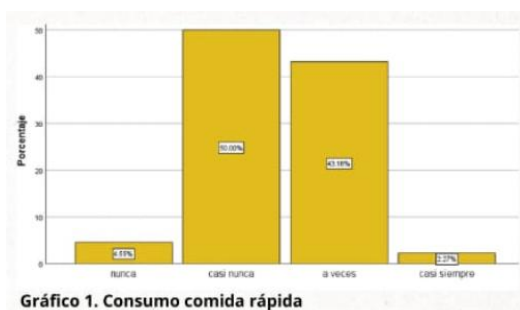
PARTE EXPERIMENTAL

El proceso de validación del instrumento compuesto por 19 reactivos se desarrolló en tres etapas metodológicas fundamentales: la validación de contenido, la prueba piloto y la validación estadística. En la primera fase, se solicitó la intervención de profesionales de la salud para evaluar la pertinencia, claridad y representatividad de los ítems, asegurando que estos reflejaran adecuadamente el constructo teórico y fueran comprensibles para los usuarios. Posteriormente, el instrumento fue administrado a un grupo piloto representativo de la población objetivo, con el fin de identificar posibles dificultades en la comprensión de las preguntas, evaluar la efectividad de las instrucciones y ajustar aspectos logísticos de la aplicación. Finalmente, se calculó el coeficiente alfa de Cronbach para medir la consistencia interna del instrumento, garantizando que los ítems estuvieran correlacionados entre sí y midieran el mismo constructo. Estas fases metodológicas permitieron asegurar que el instrumento fuera adecuado, comprensible y confiable para su aplicación en la población de interés. La recolección de datos se efectuó mediante un formulario digital desarrollado en Google Forms (v.1.9.52), cuya liga de acceso fue distribuida entre estudiantes de la Licenciatura en Nutrición, con el fin de que completaran el instrumento previamente validado. El cuestionario constó de tres secciones: la primera, compuesta por seis ítems orientados a la detección de síntomas relacionados con la gastritis; la segunda, con nueve preguntas enfocadas en hábitos alimenticios; y la tercera, integrada por cuatro ítems que indagan sobre hábitos de vida diaria. Esta metodología se alinea con prácticas recomendadas en la investigación educativa y en la evaluación diagnóstica, facilitando la recopilación de datos de manera eficiente y accesible. En el presente estudio, los criterios de inclusión fueron definidos con el propósito de delimitar una muestra homogénea y representativa de la población objetivo. Se consideraron aptos para participar los estudiantes inscritos en el cuarto semestre de la Licenciatura en Nutrición de la Universidad Monterrey, con edades comprendidas entre los 20 y 25 años, sin distinción de sexo. Por otro lado, se establecieron como criterios de exclusión a aquellos individuos mayores de 25 años, a los participantes que no completaron la totalidad del cuestionario aplicado y a quienes manifestaron explícitamente su negativa o falta de interés en participar. La aplicación rigurosa de estos criterios permitió garantizar la validez interna del estudio, minimizando sesgos asociados a variables no controladas y asegurando la calidad de los datos recolectados. Los datos recolectados fueron analizados empleando los programas estadísticos *IBM SPSS* (versión 30.0.0.0) y *Microsoft Excel* (versión 2.97.1). *SPSS* se utilizó para realizar análisis estadísticos descriptivos e inferenciales, mientras que *Excel* facilitó la organización, gestión y visualización preliminar de los datos. Esta combinación de herramientas permitió una evaluación rigurosa y precisa de la información recopilada, asegurando la validez y confiabilidad de los resultados.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos revelan patrones diversos en los hábitos de consumo y síntomas gastrointestinales de la población estudiada. En cuanto a la ingesta hídrica, el 56.8% de los participantes reportó consumir casi siempre al menos ocho vasos de agua diarios, mientras que un 2.3% indicó no alcanzar dicha cantidad. Respecto al consumo de dulces, pasteles o helados, se observó una distribución equilibrada, con un 45.5% que casi siempre los consume y otro 45.5% que casi nunca los incluye en su dieta; el 9.1% restante indicó no consumirlos en absoluto. En cuanto a bebidas gaseosas o industrializadas, el 43.2% manifestó consumirlas ocasionalmente, un 29.5% casi

nunca y un 9.1% nunca. Por su parte, el consumo de alimentos ricos en grasas mostró que el 47.7% los ingiere a veces, un 27.3% casi nunca y un 4.5% siempre. En relación con el consumo de embutidos, como jamón o salchicha, el 47.7% reportó un consumo casi nulo, mientras que un 31.8% indicó consumirlos de forma ocasional y un 13.6% nunca los incluye en su alimentación (Gráfico 2). Sobre la realización de las tres comidas principales (desayuno, comida y cena), el 45.5% afirmó cumplirlas siempre, el 25% con cierta regularidad y solo un 2.3% nunca las realiza. En cuanto al consumo de comida rápida (pizza, hamburguesa, salchipapas), el 50% de los participantes nunca la consume, mientras que un 43.2% la incluye ocasionalmente en su dieta (Gráfico 1). Respecto a la adherencia a un horario regular para las comidas principales, el 34.1% reportó mantenerlo casi siempre, un 15.9% siempre, un 13.6% casi nunca y un 6.8% nunca. En lo que respecta a síntomas gastrointestinales, el 36.4% indicó no experimentar acidez o reflujo tras la ingesta, mientras que el 29.5% lo experimentó ocasionalmente. El 45.5% no presentó dolor o ardor en la parte superior del abdomen al comer o en ayuno, aunque un 9.1% lo manifestó casi siempre. Asimismo, el 38.6% reportó sentir sensación de llenura o distensión abdominal después de comer de forma ocasional y un 9.1% lo experimentó siempre. En cuanto a la presencia de eructos o gases postprandiales, el 36.4% los presentó ocasionalmente y un porcentaje similar (36.4%) casi nunca. Finalmente, el 45.5% de los encuestados no reportó pérdida de apetito.



Los resultados obtenidos reflejan una diversidad en los hábitos alimenticios y la presentación de síntomas gastrointestinales entre los estudiantes de nutrición evaluados. La mayoría de los participantes (56.8%) reportó un consumo adecuado de agua, superando el mínimo recomendado de ocho vasos diarios, lo cual es un hábito positivo que favorece la salud digestiva y puede contribuir a la prevención de trastornos gástricos (Organización Mundial de la Salud, 2016). En cuanto al consumo de alimentos con alto contenido en azúcares y grasas, los datos muestran un patrón mixto: mientras casi la mitad de los estudiantes consume dulces y pasteles con frecuencia, una proporción similar evita estos alimentos. Este equilibrio puede indicar un nivel de conciencia sobre la importancia de una dieta balanceada, propio de su formación académica en nutrición. Sin embargo, el consumo ocasional de bebidas gaseosas y alimentos ricos en grasas, reportado por un porcentaje considerable, sugiere que persisten algunos hábitos alimentarios que podrían representar un factor de riesgo para el desarrollo de gastritis y otros trastornos digestivos a largo plazo (Hilger et al., 2017). La adherencia a las tres comidas principales es otro aspecto destacable, con un 45.5% que afirma cumplirlas siempre, lo cual se asocia generalmente con mejores funciones gástricas y metabólicas. No obstante, la irregularidad en los horarios de alimentación reportada por algunos participantes puede favorecer la aparición de síntomas como acidez o sensación de distensión abdominal, síntomas que también fueron referidos de forma ocasional por un porcentaje relevante de la muestra. Este patrón coincide con estudios previos que vinculan la irregularidad alimentaria y el consumo de alimentos procesados con la presencia de molestias gastrointestinales (Larson et al., 2012; Niemeier et al., 2006). Los síntomas clásicos de gastritis, como el dolor epigástrico, acidez, distensión y eructos, presentaron una baja frecuencia en general, lo cual es consistente con la hipótesis de que los estudiantes de nutrición poseen mejores hábitos y conocimientos que protegen su salud gástrica. Sin embargo, la presencia ocasional de estos síntomas en algunos casos subraya la necesidad de mantener una educación continua y reforzar prácticas alimenticias saludables, especialmente en

contextos universitarios donde la presión académica y el estrés pueden afectar la dieta (Hafiz et al., 2023).

Finalmente, la ausencia significativa de pérdida de apetito en casi la mitad de los participantes también respalda el buen estado nutricional y la ausencia de complicaciones gástricas importantes en esta población. En conjunto, estos hallazgos resaltan la importancia de la formación en nutrición como factor protector frente a la gastritis y otros trastornos digestivos, pero también alertan sobre la necesidad de promover estrategias que disminuyan el consumo de alimentos potencialmente irritantes y fomenten horarios regulares de alimentación para prevenir síntomas gastrointestinales.

CONCLUSIÓN

La gastritis es una condición inflamatoria común, con una alta prevalencia relacionada principalmente con la infección por *Helicobacter pylori* y factores como la alimentación, el estrés y el uso de fármacos. Su diagnóstico y manejo requieren un enfoque integral que incluya cambios en los hábitos alimenticios y, cuando es necesario, tratamientos farmacológicos para controlar los síntomas y prevenir complicaciones. Este estudio centrado en estudiantes de nutrición universitarios reveló que, a pesar de la exposición a factores de riesgo habituales en la etapa universitaria, la mayoría no presenta síntomas significativos de gastritis ni hábitos alimenticios que favorezcan su aparición. Estos resultados sugieren una relación positiva entre el conocimiento adquirido en la formación profesional y la adopción de prácticas alimentarias saludables que contribuyen a la prevención de trastornos gástricos. La validación rigurosa del instrumento de evaluación y el análisis estadístico confiable fortalecen la validez de estos hallazgos. Por lo tanto, fomentar la educación nutricional y la promoción de hábitos alimenticios adecuados en poblaciones jóvenes puede ser una estrategia efectiva para disminuir la incidencia de gastritis y mejorar la calidad de vida. Futuras investigaciones podrían ampliar esta línea para explorar intervenciones específicas que consoliden estos hábitos saludables en diferentes contextos universitarios.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Monterrey por el apoyo brindado durante el desarrollo de este proyecto. La orientación, los recursos y el acompañamiento académico proporcionados han sido fundamentales para alcanzar los objetivos planteados en el presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Gudej, S., Filip, R., Harasym, J., Wilczak, J., Dziendzikowska, K., Oczkowski, M., Jałosińska, M., Juszcak, M., Lange, E., & Gromadzka-Ostrowska, J. (2021). Clinical outcomes after oat beta-glucans dietary treatment in gastritis patients. *Nutrients*, 13(8), 2791. <https://doi.org/10.3390/nu13082791>
- Hafiz, A. A., Gallagher, A. M., Devine, L., & Hill, A. J. (2023). University student practices and perceptions on eating behaviours whilst living away from home. *International Journal of Educational Research*, 117(102133), 102133. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2022.102133>
- Hilger, J., Loerbroks, A., & Diehl, K. (2017). Eating behaviour of university students in Germany: Dietary intake, barriers to healthy eating and changes in eating behaviour since the time of matriculation. *Appetite*, 109, 100–107. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.11.016>
- Kim, G. H., Choi, M.-G., Kim, J. I., Lee, S. T., Chun, H. J., Lee, K. L., Choi, S. C., Jang, J.-Y., Lee, Y. C., Kim, J. G., Kim, K. B., Shim, K.-N., Sohn, C. I., Kim, S. K., Kim, S. G., Jang, J. S., Kim, N., Jung, H.-Y., Park, H., ... Lee, O. Y. (2023). Efficacy and safety of fexuprazan in patients with acute or chronic gastritis. *Gut and Liver*, 17(6), 884–893. <https://doi.org/10.5009/gnl220457>

Larson, N., Neumark-Sztainer, D., Laska, M. N., & Story, M. (2012). Predictors of fruit and vegetable intake in young adulthood. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 112(8), 1216–1222. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2012.04.015>

Liu, J., Pan, Y., Wang, L., Tao, A., Deng, Y., Qiu, Y., Cao, Y., Han, S., Yan, X., Xu, X., Fang, X., & Lian, F. (2024). The association between appetite and eating behaviors among Chinese female university students. *Heliyon*, 10(18), e37564. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37564>

Niemeier, H. M., Raynor, H. A., Lloyd-Richardson, E., Rogers, M., & Wing, R. R. (2006). Fast food consumption and breakfast skipping: predictors of weight gain from adolescence to adulthood in a nationally representative sample. *Journal of Adolescent Health*, 39(6), 842–849. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2006.06.011>

Seo, S. Y., Lee, S. T., Kim, S. K., Chun, H. J., Song, G. A., Lee, D. H., Kim, J. J., Kim, J. I., Lee, Y. C., Kim, T. N., Jee, S. R., Park, S.-Y., Kim, J. G., Park, J.-J., Kim, S. G., Park, J. M., Park, J. H., Park, S. J., & Lee, O. Y. (2023). Efficacy and safety of CKD-495 in acute and chronic gastritis: A Phase III superiority clinical trial. *Medicine*, 102(49), e35926. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000035926>

EFFECTOS DE LA FRAGMENTACION DEL HABITAT EN LA PREVALENCIA, RIQUEZA Y CARGA PARASITARIA DE DOS GRUPOS DE MONOS AULLADORES

Diana Arleth Colio-Martínez¹, María de Jesús Rovirosa-Hernández², Francisco García-Orduña², María Fernanda López Flores³, Rael Martín Palestino Sánchez⁴, Aracely López-Montes⁵, Ángel Ramos-Ligón⁵

¹Maestría en Biología integrativa, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, 91000, México.

²Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, 91090, México.

³Doctorado en Ciencias Biomédicas, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, 91090, México

⁴Doctorado en Neuroetología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, 91090, México

⁵LADISER Inmunología y Biología Molecular, Facultad de Ciencias Químicas, Orizaba, Veracruz, 94340 México

dianaamrtz28@gmail.com

Una de las interacciones que mayor estrés puede generar en los organismos es el parasitismo, ya que la relación entre parásito y hospedero puede llegar a causar desde deterioro del bienestar del individuo hasta la muerte de este. La Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, hogar de poblaciones de monos aulladores, ha sufrido una severa deforestación debido a actividades agropecuarias, en especial la ganadería, lo que ha reducido su masa forestal a menos de la mitad, dicha transformación ha obligado a los monos a compartir su hábitat con comunidades humanas, lo cual se asoció con un aumento en la transmisión de parásitos entre ambas poblaciones. Es por ello por lo que se llevó a cabo un estudio en dos fragmentos de selva en las comunidades de Zapoapan y Mirador Pilapa, en el municipio de Tatahuicapan de Juárez sitios en los cuales visualmente se aprecia cierto grado de fragmentación y actividades antrópicas como la ganadería, siendo Zapoapan donde se aprecia mayor grado de fragmentación y mayor cercanía tanto con humanos como con su fauna doméstica, mientras que Mirador se encuentra más conservado. El objetivo del estudio fue registrar la riqueza, prevalencia y carga parasitaria en dos grupos de monos aulladores, para lograr el objetivo, se colectaron muestras fecales, mediante la técnica de frotis directo se identificaron los parásitos hasta género con ayuda de un atlas de parasitología veterinaria y humana, para obtener los datos de riqueza, prevalencia y carga parasitaria. Como resultados se encontró una mayor riqueza de parásitos en Zapoapan ($H = 0.55$) con la presencia de cinco géneros, mientras que en Mirador ($H = 0.42$) se identificaron 3. La prevalencia también fue mayor en Zapoapan (48.7%) en comparación con Mirador (36%), así mismo sucedió con la carga parasitaria. De los parásitos que se identificaron, la mayoría tiene como principal hospedero al humano o su fauna doméstica, por lo que se destaca el hecho de tener mayor riqueza, prevalencia y carga en Zapoapan ya que en este sitio se aprecia mayor cercanía con el humano, por lo que se pudiera inferir que la fragmentación del hábitat y la cercanía con los monos pudiera influir sobre dichos parámetros, lo que resulta preocupante debido a que estaríamos observando un efecto de antroponosis, algo que podría poner en riesgo la salud de los individuos.

INTRODUCCIÓN

Dentro del ecosistema el parasitismo juega un papel importante, ya que a pesar de que la balanza se inclina notoriamente a favor del parásito, esto no siempre es negativo, pues naturalmente es parte del equilibrio de los ecosistemas (Osuna-Cabanillas & Morales-Serna, 2023). Sin embargo, distintos factores pueden alterar en gran medida dicho equilibrio, en el caso de los parásitos al depender casi por completo del hospedero para obtener nutrientes pueden llegar a ser oportunistas y proliferar de manera acelerada ocasionando que el huésped se debilite anímicamente y reproductivamente incluso llevándolo a la muerte (Walzer & Genta, 1989).

Además de los factores intrínsecos, existen elementos extrínsecos que pueden influir en la dinámica parasitaria, como la fragmentación del hábitat, ya que los cambios en la estructura del paisaje pueden alterar de manera significativa la riqueza y abundancia de parásitos gastrointestinales en la fauna silvestre (Cristóbal-Azkarate et al., 2005; Van Belle & Estrada, 2006). Esta fragmentación es una de las principales amenazas para la supervivencia de los monos, ya que a medida que el grado de

fragmentación aumenta se reduce considerablemente la cantidad total de hábitat disponible, así como a su vez incrementan los parches reducidos en dimensiones y aumentado el aislamiento principalmente en individuos que suelen vivir en grupos sociales (Arroyo-Rodríguez & Mandujano, 2006), uno de los efectos que tiene dicha fragmentación sobre los primates no humanos, se ve reflejada en las infecciones parasitarias (Trejo-Macías et al., 2007). Actualmente en México se tienen importantes registros donde se comparan las infecciones parasitarias entre áreas fragmentadas con áreas conservadas (López-Flores et al., 2023), y se ha sugerido que la fragmentación del hábitat puede provocar que exista una mayor prevalencia parasitaria (Rondón et al., 2017).

TEORÍA

Fragmentación del hábitat

En estudios realizados con primates, se ha reportado que la fragmentación produce lo que se conoce como distribución aleatoria, es decir debido a las condiciones, recursos y dimensiones de los parches algunos pueden estar ocupados y otros no (Marsh, 2003). Dichos factores deterioran con el tiempo la calidad del sitio y aumentan la competencia por recursos, además de que se incrementa el riesgo de infección y reinfección parasitaria en el grupo (Gilbert, 1997; Morand & Poulin, 1998; Arneberg, 2001; Nunn et al., 2003). A pesar de que investigaciones con monos aulladores sugieren que esta especie es flexible al entorno y puede habitar en parches reducidos o alterados donde otras especies de primates no podrían (Gilbert, 2003), también se ha documentado que estos individuos pueden ser muy susceptibles a los cambios en su hábitat (Henle et al., 2004). En Costa Rica, se han descrito los parásitos intestinales en diferentes individuos de monos (*Alouatta palliata*) y a su vez se han relacionado las infecciones parasitarias con las condiciones del ambiente en el que se desarrollan, así como también se ha discutido el impacto de la presencia humana (Chinchilla et al., 2010).

En México la creciente fragmentación del hábitat en regiones del sureste se debe principalmente a la expansión agrícola, particularmente por la conversión de selvas en cultivos de palma aceitera y pastizales para ganadería. En el caso de Los Tuxtlas, esta transformación ha reducido la cobertura forestal en un 60% desde 1980 (Velasco et al., 2009), obligando a los primates a desplazarse en áreas reducidas. Esta situación ha generado interfaces críticas donde primates, fauna doméstica y comunidades humanas comparten hábitat y recursos, facilitando la transmisión cruzada de parásitos (Nunn et al., 2003). De hecho, análisis parasitológicos han identificado en *A. palliata* helmintos de origen antrópico como *Enterobius vermicularis* y *Trichuris trichiura*, con prevalencias que oscilan entre el 35% y 70% (Trejo-Macías et al., 2007; Olsen et al., 2009).

Infecciones parasitarias en primates

Particularmente en las regiones del sur del país, se han documentado casos relevantes de infecciones parasitarias en primates no humanos, con especial énfasis en los géneros *Alouatta* (aulladores) y *Ateles* (araña). Estudios recientes en la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, Veracruz, han demostrado una clara correlación entre el grado de fragmentación del hábitat y la prevalencia de parásitos en poblaciones de *Alouatta palliata*. Investigaciones comparativas han revelado que los individuos en áreas fragmentadas presentan hasta un 40% más de carga parasitaria (Trejo-Macías et al., 2007; López-Flores et al., 2023). Estos hallazgos coinciden con observaciones en *Alouatta pigra* en los bosques de Campeche y Chiapas, donde las poblaciones en hábitats degradados muestran mayores infecciones por protozoos como *Giardia* sp. y helmintos como *Ancylostoma* sp, en comparación con aquellas en bosques continuos (Trejo-Macías et al., 2007; Martínez-Mota et al., 2015). Este escenario representa un riesgo sanitario significativo, agravado por las deficientes condiciones higiénicas en comunidades rurales aledañas.

PARTE EXPERIMENTAL

Área y sujeto de estudio

Este trabajo se llevó a cabo en dos fragmentos de selva media perennifolia pertenecientes al municipio de Tatahuicapan de Juárez, Veracruz, México. Dichos sitios se encuentran al suroeste en la región de los Tuxtlas, a una altitud de 10 a 800 metros sobre nivel del mar (INEGI, 2016). Los

fragmentos son parte de las comunidades de Mirador Pilapa (18°21'55.4"N y 094°44'50.6"W) el cual cuenta con 19.8 ha, este es un fragmento de bosque continuo, es decir en ciertas áreas del parche no hay acceso humano a pesar de que se encuentra colindando con una comunidad, visualmente es el sitio menos perturbado, en este se encuentra un grupo de monos aulladores con 10 integrantes (4 machos adultos, 3 hembras adultas, 1 juvenil y 2 infantes) para la toma de muestras fecales no se tomaron en cuenta los infantes. Nuestro segundo sitio pertenece a la comunidad de Zapoapan (18°26'56.2"N y 094°46'31.5"W) que cuenta con 13.8 ha, en este sitio visualmente se aprecia un grado de fragmentación alto, ya que existe mayor tránsito de humanos y ganado bovino, así como áreas destinadas a dicho ganado se comparten con un grupo de monos que habita en el fragmento, constituido por 7 individuos (2 machos adultos, 3 hembras adultas, 1 juvenil y 1 infante), en este tampoco se contempló al infante.

Recolección de muestras fecales

Para determinar la riqueza, prevalencia y carga de helmintos, se trató de obtener 3 muestras seriadas por individuo, día y sitio. Al identificar a los grupos estos se seguían hasta que defecaran y de manera oportuna cada vez que lo hacían, se tomó con un abatelenguas limpio de la parte superior de la excreta de 3 a 5 gr de esta con la finalidad de evitar contaminación con el suelo, posteriormente estas se colocaron en un tubo Falcón que contenía formalina al 10% y un buffer para la conservación de las estructuras de los parásitos, los tubos se rotularon con la fecha, sitio y el individuo del que se obtuvo la excreta, así mismo fueron sellados y se transportaron en una hielera para su traslado al instituto de Neuroetología donde posteriormente se analizaron.

Procesamiento y análisis de muestras

Se realizó un conteo de huevos y larvas por medio del método de frotis directo modificada de Rodríguez-Vivas y Cob-Galera (2005), donde se mezcló 1mL de la muestra en un tubo de ensaye con 10 mL de agua destilada, el cual se agito hasta que la excreta estuvo en suspensión, posteriormente se agregó una gota de la mezcla y una gota de Lugol en un portaobjetos, evitando llevar fibras o fragmentos gruesos, para finalmente colocar el cubreobjetos y observar al microscopio con objetivos de 10 X y 40X. Para la identificación se utilizaron atlas de parasitología humana y veterinaria, además de contar con la colaboración de LADISER Inmunología y Biología Molecular (Laboratorio de Docencia, Investigación y Servicio "Inmunología y Biología Molecular") para corroborar el género del parásito.

Para poder estimar la riqueza de parásitos gastrointestinales se utilizó el índice de Shannon-Wiener, ya que este índice nos ayuda a describir la composición de la comunidad en términos de la riqueza y la igualdad relativa de la distribución de especies, por medio de la siguiente formula:

$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i)(\ln p_i)$$

Donde:

H'= Es el índice de diversidad de Shannon-Wiener

P_i= Es la proporción de individuos de la especie "i" en la comunidad (abundancia relativa)

Para la prevalencia se utilizó la formula:

Prevalencia= número de muestras positivas / número de muestras totales (100)

Para obtener el índice de la carga parasitaria se realizaron los cálculos mediante la siguiente formula:

carga parasitaria= número de huevos o larvas (100) / gr. de excreta

RESULTADOS

Se obtuvieron un total de 153 muestras fecales, de las cuales 78 pertenecen al sitio de Zapoapan con una prevalencia de 48.7%, y 75 muestras pertenecientes a Mirador Pilapa con una prevalencia del 36%. Con respecto a la riqueza se registró la presencia de cinco géneros para Zapoapan (*Ascaris* sp, *Clonorchis* sp, *Controrchis* sp, *Enterobius* sp y *Strongyloides* sp), y tres géneros en Mirador Pilapa (*Ascaris* sp, *Controrchis* sp, y *Enterobius* sp) (figura 1). En cuanto al índice de diversidad de Shannon, nos indica que ambos sitios cuentan con baja diversidad de helmintos Mirador Pilapa ($H= 0.42$) y Zapoapan ($H= 0.55$). En la tabla 1 se ve representada la prevalencia en Zapoapan, siendo este el sitio donde se encuentra mayor prevalencia para los cinco géneros identificados, siendo *Ascaris* sp el más prevalente seguido de *Controrchis* sp, Mientras que en Mirador se aprecian prevalencias menores y la presencia de tres géneros donde *Enterobius* sp es el género más prevalente seguido de *Controrchis* sp (tabla 2).

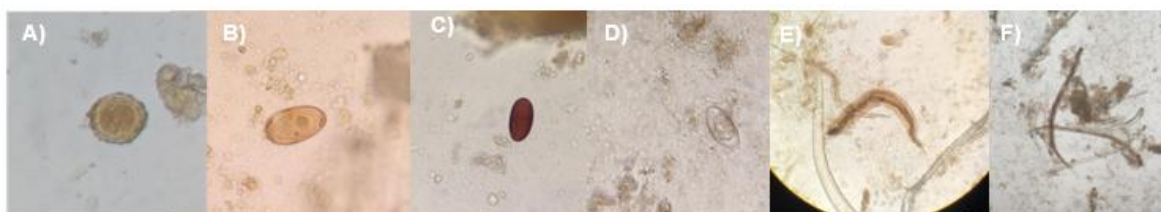


Figura 1. Géneros identificados para ambos sitios, huevos y larvas: A) huevo de *Ascaris* sp; B) huevo de *Clonorchis* sp; C) huevo de *Controrchis* sp; D) huevo de *Enterobius* sp; E) Larva de *Enterobius* sp; F) Larva de *Strongyloides* sp.

Tabla 2. Riqueza y prevalencia de helmintos en Mirador Pilapa.

MIRADOR PILAPA

MES	Muestras totales	Muestras positivas	Prevalencia parasitaria (%)		
			<i>Ascaris</i> sp	<i>Controrchis</i> sp	<i>Enterobius</i> sp
Ene	10	2	20	-	-
Mar	7	6	28.5	-	57.1
Abr	10	4	10	-	30
May	10	4	20	-	20
Jun	9	2	-	22.2	-
Jul	10	1	-	-	10
Ago	9	3	-	33.3	-
Sep	10	8	-	60	30
Total	75	30	9.3	14.6	17.3

La carga parasitaria se ve representada en la tabla 3, donde se muestra el número total de huevos y larvas en cada sitio y de manera general, a través de los meses se observan cargas de helmintos mayores en Zapoapan que en Mirador, en el mes de marzo se puede apreciar la carga más elevada tanto para Zapoapan como para todo el registro, mientras que para Mirador fue en el mes de septiembre donde se aprecia mayor carga, sin embargo, no es más alta que en marzo para Zapoapan.

Tabla 3. Carga de parásitos gastrointestinales por sitios y de manera general.

Mes	MIRADOR PILAPA			ZAPOAPAN			GENERAL	
	N° larvas	huevos/	Carga	N° larvas	huevos/	Carga	N° huevos/larvas	Carga
Ene	2		40	21		420	23	460
Mar	10		200	25		500	36	720
Abr	4		80	7		140	11	220
May	5		100	8		160	16	320
Jun	2		40	6		120	8	160
Jul	1		20	2		40	3	60
Ago	6		120	11		260	19	380
Sep	18		360	15		300	33	660

CONCLUSIONES

Se registro la presencia de cinco géneros de helmintos resultado de la creciente cercanía entre humanos-fauna doméstica y monos aulladores, además de que la carga y prevalencia fueron más altas en Zapopan donde visualmente se aprecia mayor grado de fragmentación, condición que pudiera estar influyendo en el aumento de dichas variables, sin embargo, pese a que las cargas fueron más altas en Zapopan a comparación de Mirador Pilapa, estas no sobrepasaron los 500 HPG (Huevos Por Gramo), cifra que se ha reportado para primates del nuevo mundo como baja, es decir, aunque se encontraron parásitos que tienen como principal hospedero al humano y su fauna doméstica, la carga no parece comprometer el bienestar de los individuos.

BIBLIOGRAFIA

- A. Olsen, L. van Lieshout, H. Marti, T. Polderman, K. Polman, P. Steinmann, S. Russell, T. Soren, JJ. Verweij, P. Magnussen. "Strongyloidiasis—the most neglected of the neglected tropical diseases?", Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, Vol. 103, 10, 2009, pp. 967–972.
- C. L. Nunn, S. M. Altizer, K. E. Jones, W. Sechrest, "Comparative tests of parasite species richness in primates", The American Naturalist, Vol. 162, 2003, pp. 597–614.
- G. Trejo-Macías, A. Estrada, M. Á. Mosqueda Cabrera, "Survey of helminth parasites in populations of *Alouatta palliata mexicana* and *A. pigra* in continuous and fragmented habitat in southern Mexico", International Journal of Primatology, Vol. 28, 2007, pp. 931–945.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), Panorama sociodemográfico de Veracruz de Ignacio de la Llave, INEGI, México, 2016, 45 pp. [En línea]. Disponible: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825082420>
- J. Cristóbal-Azkarate, J. J. Veá, N. Asensio, E. Rodríguez-Luna, "Biogeographical and floristic predictors of the presence and abundance of mantled howlers (*Alouatta palliata mexicana*) in

rainforest fragments at Los Tuxtlas, Mexico", *American Journal of Primatology*, Vol. 67, 2005, pp. 209–222.

J. M. Osuna-Cabanillas, F. N. Morales-Serna, "La misión de los parásitos en nuestro planeta", *Ecofronteras*, 2023, pp. 12–16.

K. A. Gilbert, "Primates and fragmentation of the Amazon forest", en L. K. Marsh (Ed.), *Primates in Fragments: Ecology and Conservation*, Kluwer Academic/Plenum Press, New York, 2003, pp. 145–157.

K. A. Gilbert, "Red howling monkey use of specific defecation sites as a parasite avoidance strategy", *Animal Behaviour*, Vol. 54, 1997, pp. 451–455.

K. Henle, K. F. Davies, M. Kleyer, C. Margules, J. Settele, "Predictors of species sensitivity to fragmentation", *Biodiversity and Conservation*, Vol. 13, 2004, pp. 207–251.

L. K. Marsh, "Primates in fragments: Ecology in conservation", Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 2003, 404 pp.

M. Chinchilla, B. Urbani, I. Valerio, J. Vanegas, "Parasitosis intestinal en monos capuchinos cariblanco (*Cebus capucinus*) de un área protegida en la provincia de Limón, noreste de Costa Rica", *Rev. Biol. Trop.*, Vol. 58, 2010, pp. 1335–1346.

M. F. López-Flores et al., "Intercambio de parásitos gastrointestinales entre poblaciones silvestres de primates y comunidades rurales", en A. Martínez-García et al. (Eds.), *Investigaciones y Desarrollos Tecnológicos en México Tomo 1*, CONAHCYT, 2023, pp. 109–117.

P. Arneberg, "An ecological law and its macroecological consequences as revealed by studies of relationships between host densities and parasite prevalence", *Ecography*, Vol. 24, 2001, pp. 352–358.

P. D. Walzer, R. M. Genta, "Parasitic Infections in the Compromised Host", Dekker, New York, 1989.

R. I. Rodríguez-Vivas, L. A. Cob-Galera, "Técnicas Diagnósticas en Parasitología Veterinaria", 2ª ed., Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México, 2005.

R. Martínez-Mota, M. Kowalewski, T. Gillespie, "Ecological Determinants of Parasitism in Howler Monkeys", 2015.

S. Morand, R. Poulin, "Density, body mass and parasite species richness of terrestrial mammals", *Evolutionary Ecology*, Vol. 12, 1998, pp. 717–727.

S. Rondón et al., "Seasonality, richness and prevalence of intestinal parasites of three neotropical primates (*Alouatta seniculus*, *Ateles hybridus* y *Cebus versicolor*) in a fragmented forest in Colombia", *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife**, Vol. 6, 2017, pp. 202–208.

S. Van Belle, A. Estrada, "Demographic features of *Alouatta pigra* populations in extensive and fragmented forests", en A. Estrada et al. (Eds.), *New perspectives in the study of Mesoamerican primates*, Springer, New York, 2006, pp. 121–142.

V. Arroyo-Rodriguez, S., Mandujano, "Forest fragmentation modifies habitat quality for *Alouatta palliata*", *International Journal of Primatology*, 2006.

VARIABLES BIOMÉDICAS Y SU ASOCIACIÓN A LOS TIPOS DE ALIMENTACIÓN EN UNA POBLACIÓN PREESCOLAR DE UNA ESCUELA PÚBLICA DE SAN AGUSTÍN TLAXIACA, HIDALGO

Emma Leticia Herrera Castro¹, José Arias Rico¹, Esther Ramírez Moreno¹, Rosa María Baltazar¹
Téllez, Itzel Vite Moreno¹ y José Alberto Ortega González¹

¹Universidad autónoma del estado de Hidalgo.

josearias.rico@hotmail.com

RESUMEN

De acuerdo a la Organización mundial la obesidad excesiva es un riesgo para la salud sobre todo en la población infantil (Sánchez, 2012). El sobrepeso y obesidad es un problema altamente prevalente en la población mexicana y regiones del país, el aumento en el consumo de alimentos con altos niveles de grasa es de bajo aporte nutrimental y la realización de actividades sedentarias, malos hábitos. Por lo que los profesionales de salud con atención en infantes de 3 a 6 años, preocupados deben establecer alternativas en el primer nivel de atención.

El objetivo del presente trabajo fué evaluar el IMC en una población de preescolares en una escuela pública de una población en Hidalgo.

Es un estudio de enfoque cuantitativo, descriptivo, las mediciones se realizaron en un solo tiempo, la población fueron niños preescolares de 3 a 6 años de edad que se encontraban inscritos en el ciclo escolar educativo 2024, la muestra fue por disponibilidad. Los resultados fueron presentados como medias, porcentajes y desviación estándar. Para la asociación de las variables se calculó la chi cuadrado. Este estudio estuvo apegado a la Ley General de Salud en materia de Investigación y fue sometido a evaluación por un Comité de Ética.

Las edades de los niños fueron entre 5 y 6 años (78%) y solo el 1.6 % tenía 3 años y la población se equilibró en cuanto a género. La evaluación antropométrica indicó que el 42 % de los niños presentaron un Índice de Masa Corporal (IMC) normal, mientras que el 30.2% tienen sobrepeso y el 17.5 % obesidad. Solo un 9.5% presentó bajo peso. Estos datos indican un alto riesgo en la salud y se apega a lo encontrado en la ENSANUT 2016 (Shamah-Levy 2016).

Un gran porcentaje de la población infantil evaluada (59.5 %) tuvo un problema de sobrepeso u obesidad. Es importante el monitoreo del estado nutricional y metabólico de los niños en edad preescolar, ya que estas etapas son críticas para su desarrollo físico y la prevención de enfermedades crónicas en el futuro.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la organización mundial, la obesidad excesiva de grasa riesgo para la salud, dando como resultado el aumento de sobrepeso y obesidad en la niñez, siendo un problema de salud pública para países industrializados y en desarrollo. Además, como varios estudios realizados han comprobado el sobrepeso y obesidad como un problema de salud pública en la población mexicana; así como el aumento del consumo de alimentos con altos niveles de grasa; con bajo aporte nutrimental, la poca actividad y los malos hábitos. Siendo importante buscar alternativas dentro del primer nivel de atención; con las que se pueda llevar un control en el crecimiento saludable de la población infantil. Objetivo: Se analizará la asociación de variables que permiten medir los parámetros biomédicos con el tipo de alimentación en niños que cursan el nivel de preescolar en una escuela pública de San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo. Metodología: es un estudio de enfoque cuantitativo, descriptivo, las mediciones se realizarán en un solo tiempo, la población serán niños preescolares de 3 a 6 años de edad que se encuentren inscritos en el ciclo escolar educativo 2024 – 2025, la muestra será por disponibilidad. Para los resultados se realizará un análisis estadístico

que contempla identificar la media, porcentajes y desviación estándar; para la asociación de las variables se realizará mediante el chi cuadrado. Este estudio estará apegado a la Ley General de Salud en materia de Investigación y será sometido a evaluación por un Comité de Ética. Resultados: Se espera contar con un análisis estadístico que nos permita identificar las variables sociodemográficas de los niños participantes; se evaluará las variables biomédicas y su nivel de salud nutricional. Conclusiones: es importante identificar el nivel de importancia de monitorear el estado nutricional y metabólico de los niños en edad preescolar, ya que estas etapas son críticas para su desarrollo físico y la prevención de enfermedades crónicas en el futuro.

El diseño metodológico es de enfoque cuantitativo, descriptivo con un diseño de estudio transversal, ya que se realiza la prueba de variables antropométricas, bioquímicas y cardiovasculares y la identificación del tipo de alimentación a cada individuo en el momento; en el jardín de niños Hyatsi, ubicado en San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo. Realizado en niños preescolares de 3 a 6 años de edad que se encuentran inscritos en Niños preescolares de 3 a 6 años de edad que se encuentren inscritos en el ciclo escolar educativo 2024 – 2025 de la Escuela Preescolar Pública Hyatsi con sede en la comunidad de San Miguel Tumatutla, municipio de San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo.

RESULTADOS

En el presente apartado se describe el análisis de los datos obtenidos, la captura de los datos y emisión de resultados que permitieron, identificar la asociación de variables que permiten medir los parámetros antropométricos, bioquímicos y cardiovasculares; con el tipo de alimentación en niños que cursan el nivel de preescolar en una escuela pública de Pachuca, Hidalgo.

Datos sociodemográficos.

Los participantes en la muestra de estudio que nos marcó la fórmula de población finita fueron de 56 niños; una vez seleccionados y que cumplieran con los criterios de inclusión, exclusión y/o eliminación; posterior a la intervención se obtuvieron resultados confiables de 63 niños que participaron; es decir, se consideró un 10% más de nuestra muestra inicial debido al interés de los padres de familia con el estudio a realizar con sus hijos de la escuela de educación inicial.

Se trabajó con los datos de los 63 niños, que contaron con todas las características, específicas dentro de la escuela preescolar denominado; “Jardín de Niños Hyasit”; con sede en la calle Niños Héroes y Huizache; en la comunidad de San Miguel Tumatutla, municipio de San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo; de los cuales identificamos su edad, como lo muestra la tabla No.1.

se pudo identificar que el 44.4% de los niños contaron con una edad de 5 años; el 34.9% de los niños con 6 años; el 19% de niños de 4 años y solo el 1.6% de niños con 3 años que participaron en este estudio.

Además, se puede identificar que el 53.19% de los participantes en este estudio fueron mujeres y el 46.9% fueron hombres.

Para el caso del peso de los 63 niños que participaron al iniciar este estudio se observó, que las medidas antropométricas (peso y talla), se encontró un 30.2% con sobrepeso, 17.5% con obesidad, 9.5% con riesgo de desnutrición y un 42.9% de los niños se encontró en el peso ideal; esto se acerca al 50% de los participantes.

La evaluación de la talla de los niños se calculó de acuerdo a las curvas de crecimiento de la OMS; La interpretación dependerá de la comparación de cada talla y edad con los percentiles de la OMS, que generalmente son los siguientes para evaluar la estatura de los niños:

- Por debajo del percentil 3: talla muy baja.
- Entre el percentil 3 y el percentil 15: talla baja.
- Entre el percentil 15 y el percentil 85: talla normal.
- Entre el percentil 85 y el percentil 97: talla alta.

- Por encima del percentil 97: talla muy alta.

Para nuestro estudio, realizamos el cálculo en porcentaje de cada grupo de niños en función del total de la muestra (63 niños en total): encontramos que para el percentil 3: el 11.1% de los niños se encuentra en la talla muy baja; para el percentil del 15 al 50: el 60.3% se encuentra en talla normal; en el percentil 85: tenemos el 20.6% de los niños en talla alta y en el percentil 97: el 6.3% se encuentra en talla muy alta.

Estos porcentajes indican la distribución de las tallas de los niños de 3 a 6 años de edad, dentro de los percentiles correspondientes según las curvas de crecimiento de la OMS.

Para interpretar los resultados de las pruebas de chi-cuadrado en el contexto de la distribución de tallas de los niños, usaremos los valores obtenidos en cada percentil y la prueba de chi-cuadrado para evaluar si hay una diferencia significativa entre las frecuencias observadas de las tallas y lo que esperaríamos si las tallas estuvieran distribuidas de manera uniforme o aleatoria en los diferentes percentiles.

1. Chi-cuadrado de Pearson

- Valor: 154.511
- Grados de libertad (gl): 99
- Significado asintótico (Sig.): 0.000

Este valor de significancia indica que la diferencia entre las frecuencias observadas y las esperadas es estadísticamente significativa. En otras palabras, hay una relación significativa entre la distribución de las tallas de los niños y los percentiles. Esto sugiere que las tallas no están distribuidas aleatoriamente, sino que tienden a agruparse en ciertos percentiles (por ejemplo, un alto porcentaje en el percentil 50).

Con una significación de 0.000, podemos rechazar la hipótesis nula de que las frecuencias observadas en cada talla (y percentil) corresponden a las frecuencias esperadas por un modelo teórico. En términos sencillos, esto sugiere que la distribución de las tallas no es uniforme o no sigue un patrón de distribución esperado, lo cual puede indicar variabilidad significativa en las tallas de los niños respecto a un estándar o referencia.

2. Razón de verosimilitud

- Valor: 104.285
- Grados de libertad (gl): 99
- Significación asintótica (Sig.): 0.339

La razón de verosimilitud también mide la adecuación de la distribución observada comparada con una esperada. En este caso, el valor de significancia (0.339) sugiere que, cuando se observa desde esta perspectiva estadística, las diferencias no son tan marcadas como en el caso del chi-cuadrado de Pearson. Esto implica que, aunque hay variaciones, no son suficientemente consistentes para confirmarse en ambos enfoques (Pearson y verosimilitud).

3. Asociación lineal por lineal

- Valor: 29.851
- Significado: 0.000

Este valor indica que hay una relación lineal significativa entre la edad y la talla de los niños en la muestra. Dado que la significancia es 0.000, es probable que, a medida que aumenta la edad, también haya un incremento en la talla, lo cual tiene sentido en un contexto de crecimiento infantil.

4. Interpretación en el contexto de los percentiles

- La prueba de chi-cuadrado nos señala que la distribución de tallas no se ajusta de manera uniforme a los percentiles de referencia. Observamos que la mayor parte de los niños (46%) se encuentran en el percentil 50, lo que significa que esta es la categoría más representativa en la muestra. Además, los percentiles extremos (Percentil 3 y Percentil 97) tienen menos niños (11.1% y 6.3%, respectivamente).
- Esto podría sugerir que, en general, la muestra de niños tiende a agruparse en percentiles medios (15, 50 y 85), con menos niños en los extremos. La prueba de chi-cuadrado y la asociación lineal apoyan la conclusión de que hay variabilidad en las tallas, pero que ésta no se distribuye uniformemente en todas las categorías de percentil.

Es decir, que los resultados de la prueba chi-cuadrado indican que la distribución de tallas observada en la muestra de niños no sigue una distribución teórica uniforme a través de los percentiles. Esto sugiere que los niños de esta muestra presentan variabilidad en talla que no se alinea completamente con un modelo de referencia de la OMS o una distribución esperada. La asociación significativa entre edad y talla también refleja que el crecimiento sigue una tendencia lineal.

Este valor de significancia indica que la diferencia entre las frecuencias observadas y las esperadas es estadísticamente significativa. En otras palabras, hay una relación significativa entre la distribución de las tallas de los niños y los percentiles. Esto sugiere que las tallas no están distribuidas aleatoriamente, sino que tienden a agruparse en ciertos percentiles (por ejemplo, un alto porcentaje en el percentil 50).

Con una significación de 0.000, podemos rechazar la hipótesis nula de que las frecuencias observadas en cada talla (y percentil) corresponden a las frecuencias esperadas por un modelo teórico. En términos sencillos, esto sugiere que la distribución de las tallas no es uniforme o no sigue un patrón de distribución esperado, lo cual puede indicar variabilidad significativa en las tallas de los niños respecto a un estándar o referencia.

Datos de las medidas antropométricas.

En este apartado, se va a mostrar la información que se obtuvo primero de los datos de las muestras de sangre capilar; con la finalidad de analizar la asociación de variables que permiten medir los parámetros antropométricos, bioquímicos y cardiovasculares; con el tipo de alimentación en niños con edad de 3 a 6 años, que cursan el nivel de preescolar en una escuela pública de Pachuca, Hidalgo.

Durante el análisis realizado, con los datos captados de los 63 niños pediátricos de 3 a 6 años; en las diferentes variables; para realizar la interpretación de los niveles de triglicéridos en función de las categorías de la tabla de variables bioquímicas. Esto sugiere que la gran mayoría de los niños de esta muestra tienen niveles de triglicéridos dentro del rango aceptable, mientras que una pequeña proporción (4.76%) se encuentra en categorías de riesgo (límite alto o elevado), lo que podría requerir seguimiento para prevenir problemas de salud relacionados con el nivel de lípidos en sangre.

Considerando la distribución de los niveles de colesterol en esta muestra, indica que todos los niños tienen niveles de colesterol dentro de un rango considerado aceptable (<170 mg/dl). No hay ningún niño en esta muestra con niveles de colesterol en las categorías de límite alto (170-199 mg/dl) ni elevado (>200 mg/dl), lo cual es un indicio positivo de que la mayoría se encuentra dentro de un rango saludable para esta variable bioquímica.

Por otro lado, en la evaluación del Índice de Masa Corporal (IMC) registro al 42.9% de los niños dentro de parámetros normales, al 30.2% con sobrepeso, el 17.5% con obesidad y con 9.5% con bajo peso de acuerdo a la medida antropométrica.

Se describen los datos encontrados de la siguiente manera:

Como resultado de los signos vitales los datos muestran que la mayoría de los niños tienen valores en sus signos vitales dentro de los rangos normales esperados para su edad; además la baja desviación estándar en el SpO2 refleja poca variabilidad en los niveles de oxigenación, lo cual es positivo; finalmente en los datos de las presiones arteriales sistólica y diastólica tienen una mayor dispersión, lo cual podría deberse a variaciones naturales asociadas a la edad, tamaño corporal u otras características individuales.

CONCLUSIONES

Se llegó a las siguientes conclusiones en la realización del estudio en la escuela de educación preescolar. La mayoría de los niños (44,4%) tienen 5 años de edad, seguidos por un 34,9% de 6 años. Solo un 1,6% de los participantes tiene 3 años. Este grupo de edad refleja una población mayoritariamente en transición hacia la etapa de educación primaria. En cuanto a género, un 53,19% de los participantes fueron niñas y un 46,9% niños, lo que indica una muestra equilibrada por sexo. En la evaluación inicial del Índice de Masa Corporal (IMC), el 42,9% de los niños presentaron un peso normal, mientras que el 30,2% tienen sobrepeso y el 17,5% obesidad, lo que revela un porcentaje elevado de riesgo en términos de salud nutricional. Solo un 9,5% se presentó bajo peso.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Ferrer Arrocha M, Fernández Rodríguez C, González Pedroso MT. Factores de riesgo relacionados con el sobrepeso y la obesidad en niños de edad escolar. *Rev Cubana Pediatr* [Internet]. 2020;92(2):1–11. Available from: <http://scielo.sld.cu/pdf/ped/v92n2/1561-3119-ped-92-02-e660.pdf>
2. Carrillo S, Salazar J, Rojas J, Chaparro Y, Anderson H, Reyna N, et al. Obesidad Infantil: Un problema de pequeños que se está volviendo grande. *Rev Latinoam Hipertens*. 2019;14(5):8.
3. Arias-Rico J, Cortés-Cortés SM, Ramírez-Moreno E, Sánchez-Padilla ML, Jiménez-Sánchez RC, Saucedo-Molina T de J. Childhood obesity and its relation to cardiopulmonary indicators in Mexican school children. *Aquichan*. 2016;16(2):148–58.
4. Medina Valdivia JL. Sobrepeso Y Obesidad Infantil En El Hospital Regional Moquegua. *Rev la Fac Med Humana*. 2019;19(2).
5. Salazar Sánchez LM, Martínez NP, Díaz Palacios L, Estrada Orozco K. Prevalencia de sobrepeso, obesidad y factores de riesgo en una cohorte de escolares en Bogotá, Colombia. *Pediatría (Santiago)*. 2020;53(1):5–13.
6. Shamah LT, Cuevas NL, Romero MM, Gaona PEB, Gómez ALM, Mendoza AL, et al. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018-19. Resultados Nacionales [Internet]. Instituto Nacional de Salud Pública. 2020. 268 p. Available from: <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/informes.php>
7. Machado K, Gil P, Ramos I, Pérez C. Segundo Premio. Machado, K, Gil, P, Ramos, I, Pérez, C (2018) Segundo Premio, 89(Suplemento 1), 16–25 <https://doi.org/10.31134/AP89S12> [Internet]. 2018;89(Suplemento 1):16–25. Available from: <http://dx.doi.org/10.31134/AP.89.S1.2>
8. Geymonat M, Girardi F, García M, Vecchio S, Pérez C. Consumo de bebidas en niños de cuarto año escolar y su relación con sobrepeso-obesidad. *Arch Pediatr Urug*. 2018;89(Suplemento 1):26–33.
9. Medina-Zacarías MC, Shamah-Levy T, Cuevas-Nasu L, Gómez-Humarán IM, Hernández-Cordero SL. Factores de riesgo asociados con sobrepeso y obesidad en adolescentes mexicanas. *Salud Publica Mex*. 2020;62(2):125–36.
10. Calderón García A, Marrodán Serrano MD, Villarino Marín A, Román Martínez Álvarez J. Assessment of nutritional status, and habits and food preferences in a child-youth population (7 to 16 years) of the community of madrid. *Nutr Hosp*. 2019;36(2):394–404.
11. Le-Cerf Paredes L, Valdés-Badilla P, Guzman Muñoz E. Efectos del entrenamiento de fuerza sobre la condición física en niños y niñas con sobrepeso y obesidad: una revisión sistemática (Effects of strength training on the fitness in boys and girls with overweight and obesity: a systematic review). *Retos*. 2021;43:233–42.

12. Pérez-Herrera A, Cruz-López M. Childhood obesity: Current situation in Mexico. *Nutr Hosp.* 2019;36(2):463–9.
13. Ompson C, Isk CAR, Enrique BRH, Ranco MAB, Arvalho ISZAC, Arcia HUG. *E 2 t r t m o a ' b c , c r , p f.* 2018;00(00):1–11.
14. Fernández-García JC, Castillo-Rodríguez A, Onetti-Onetti W. Influence of overweight and obesity on strength in childhood. *Nutr Hosp.* 2019;36(5):1055–60.
15. Vicente Sanchez B, García K, Saura C, González H. Sobre peso y obesidad en niños. *Rev Finlay* [Internet]. 2017;8(1):80–4. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2221-24342018000100010
16. Norma Oficial Mexicana. Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2012, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación. *D Of la Fed.* 2013;28.
17. NORMA OFICIAL MEXICANA NOR-008- SSA2. Instituto Nacional de Perinatología. 1994;1–
18. Available from: https://www.ucol.mx/content/cms/13/file/NOM/NOM_008_SSA2.pdf
18. Ximena RT, Francisco VM. Actividad física en la prevención y tratamiento de la obesidad infantil. *Rev Médica Clínica Las Condes* [Internet]. 2012;23(3):218–25. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0716-8640\(12\)70304-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0716-8640(12)70304-8)
19. Santi-León F. Educación: La importancia del desarrollo infantil y la educación inicial en un país en el cual no son obligatorios. //Education: The importance of child development and initial education in a country where they are not mandatory. *Cienc Unemi.* 2019;12(30):143–59.
20. Játiva Almeida JG, Paucar Morales AR, Carrillo Fernández SC. Programa de actividad física para niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad post pandemia. *Rev Cognosis.* 2022;7(1):111–24.
21. Pérez-Vergara DM, Moscoso-García RF. El sobrepeso y obesidad en escolares versus eficiencia de clases de educación física. *Rev Arbitr Interdiscip Koinonía.* 2021;6(2):525.
22. Javier F, Díez A, Albillos JAR, Nieves G, Valero L. 08_Dislipemias. 2019;(1):125–40.
23. Barajas García L, Valdés Miramontes EH, Reyes Castillo Z, Enciso Ramírez MA. Prevalencia de síndrome metabólico en población infantil del Sur de Jalisco, México. *J Behav Feed.* 2022;2(1):8–

PULSERA INTELIGENTE DE MONITOREO DE RAYOS UV PARA PROTECCIÓN SOLAR

Franciela Sánchez Ibarra¹, Guadalupe Esmeralda Alcala González ¹, Yasmin Rebeca. Rodríguez Coronado ¹, Jared Jesús. Martínez Delgado ¹, Ángel Ramón Hernández Bernal¹ y Perla Mayara Alcala González ¹

¹ Tecnológico Nacional de México/ ITES de la Región Carbonífera.
201m0369@rcarbonifera.tecnm.mx

RESUMEN

El presente trabajo muestra una investigación que consiste en un prototipo que mida la radiación ultra violeta (UV) y fomente la conciencia sobre la protección solar mediante una pulsera inteligente. Sin embargo, muchas personas no toman medidas preventivas debido al desconocimiento o a la falta de herramientas accesibles para monitorear su exposición al sol. En este contexto, estudios como los de la UNAM han destacado un aumento alarmante en los casos de glaucoma y cáncer de piel en México, un país donde la exposición solar sin protección es común (UNAM, 2020). Investigaciones recientes sobre sensores portátiles, como los estudios de "Wearable Sensors" (2019) y "Smart Wearable Ultraviolet Monitoring Systems" (2019), han impulsado el avance de tecnologías que permiten un monitoreo más preciso de la radiación UV. México en general, es un país que tiene un alto nivel de radiación, según su ubicación geográfica sus niveles de irradiación solar van cambiando.

La metodología consistió en realizar una revisión de fuentes bibliográficas sobre, radiación, protección solar, monitoreo de rayos UV, desarrollándose una investigación con una aproximación cuantitativa con enfoque experimental en pruebas técnicas. El desarrollo consistió en 2 etapas, en la primera etapa se realizó el diseño de la pulsera utilizando el software SolidWorks, permitiendo la creación de un modelo tridimensional detallado y la consideración de aspectos como ergonomía y funcionalidad. Para validar la eficacia de la pulsera, se realizaron pruebas experimentales utilizando máquinas de ensayo de resistencia en la máquina Instron, y pruebas de fuerza mediante la aplicación de masa. Adicionalmente, se utilizaron higrómetros para evaluar la influencia de la temperatura y humedad en el comportamiento del pigmento fotocromático aplicado sobre diferentes materiales. La segunda etapa consistió en la realización de una encuesta la cual se llevó a cabo de manera presencial a estudiantes y profesores, posteriormente las respuestas recabadas se pasaron a un formulario Google drive para su análisis, las respuestas permitieron una evaluación sobre la percepción del usuario ya que se logró determinar que la pulsera inteligente de monitoreo de rayos UV tiene un alto grado de aceptación entre los encuestados, un 89.8% mostró interés en utilizarla para monitorear la exposición a los rayos UV, mientras que el 81.5% destacó la importancia de recibir alertas de exposición excesiva, El 52.8% opinó que el modelo es discreto y minimalista, Un punto relevante es que el 70.4% de los encuestados consideró accesible el precio entre \$100 y \$150 pesos, lo que respalda la viabilidad comercial del producto.

La presente investigación permitió evidenciar la necesidad de contar con herramientas accesibles y funcionales para el monitoreo de la radiación ultravioleta, especialmente en contextos donde la exposición solar es constante y los riesgos para la salud, como el cáncer de piel o el glaucoma, son altos. La pulsera inteligente demostró ser una propuesta viable, las pruebas técnicas confirmaron la eficacia, resistencia y adaptabilidad del prototipo a distintas condiciones ambientales, así como de aceptación por parte de los usuarios.

INTRODUCCIÓN

A medida que aumenta la conciencia sobre los peligros de la exposición excesiva al sol, los consumidores buscan formas más efectivas de proteger su piel y reducir el riesgo de desarrollar cáncer de piel u otros problemas de salud relacionados.

Las primeras pulseras de monitoreo de rayos UV se introdujeron en el mercado a principios de la década de 2010. Estas pulseras utilizaban sensores para medir la intensidad de la radiación UV y proporcionaban alertas a los usuarios cuando se alcanzaba un nivel peligroso de exposición. Sin embargo, la tecnología de estas primeras pulseras no era muy precisa y a menudo se producían falsas alarmas.

El uso de una pulsera inteligente de monitoreo de rayos UV es especialmente útil para personas con piel sensible o alergias a los ingredientes comunes en los filtros solares, ya que pueden controlar su exposición a la radiación UV sin tener que depender exclusivamente de la protección solar tradicional. También son útiles para aquellos que participan en deportes al aire libre o actividades que los mantienen expuestos al sol durante períodos prolongados.

TEORÍA

En México, es muy común la exposición de la piel con el sol, especialmente en temporada de verano, ya que existen diversas actividades las cuales son realizadas bajo éste, y normalmente sin protección a la radiación que genera el sol. Debido a esto, el ser humano es propenso a padecer distintas lesiones en la piel, e incluso puede llegar a contraer alguna enfermedad dermatológica. La exposición de la piel a los rayos solares pone en riesgo nuestra epidermis y nos puede hacer susceptibles a desarrollar cáncer de piel o de ojos.

Según investigaciones de la UNAM:[7] .En los últimos 50 años, los glaucomas de piel se han incrementado en México un 300 por ciento y entre 2008 y 2012, el Instituto de Cancerología lo ubicó como la tercera causa de visita, por primera vez”.

"Wearable Sensors: An Effective Tool for Monitoring UV Radiation Exposure" - Este estudio publicado en el Journal of Occupational and Environmental Hygiene en 2019, explora el uso de sensores vestibles, incluyendo pulseras inteligentes, para monitorear la exposición a los rayos UV.

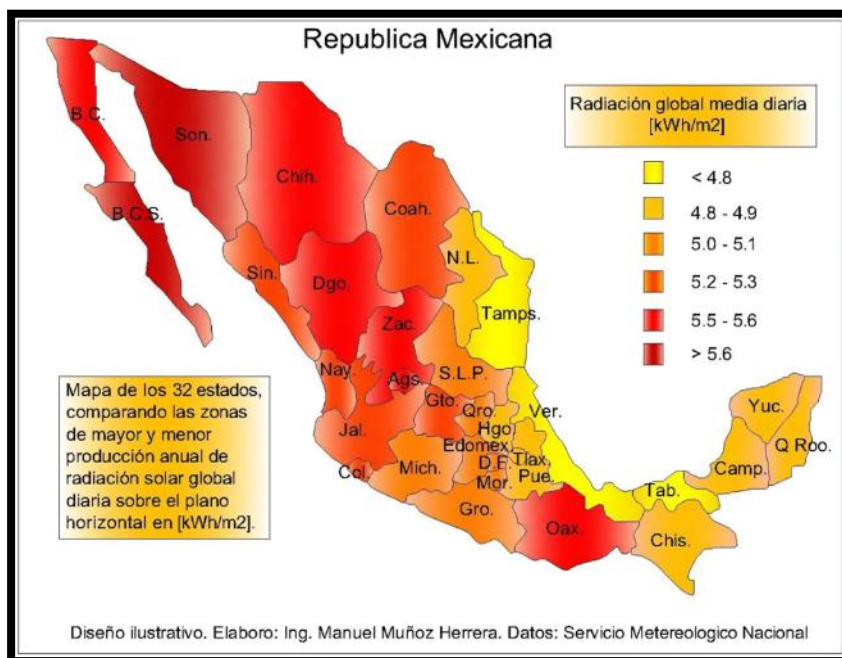
"Design and Development of a Wearable UVA/B Dosimeter Based on IoT Technology" - Este artículo publicado en Sensors en 2021 describe el diseño y desarrollo de una pulsera inteligente de monitoreo de rayos UV que utiliza tecnología IoT (Internet de las cosas).

"Smart Wearable Ultraviolet (UV) Radiation Monitoring System" - Este estudio presentado en la Conferencia Internacional sobre Tecnologías de la Información y la Comunicación (ICT 2019) describe un sistema de monitoreo de rayos UV que utiliza una pulsera inteligente.

Un factor muy importante para considerar es la posición de las personas con respecto al nivel del mar. El Dr. Félix Gil Carrasco, integrante del Subcomité Académico de Oftalmología de la División de Estudios de Posgrado de la UNAM, mencionó que en la Ciudad de México hay condiciones particulares para el desarrollo de la afectación que sufren los ojos ante la radiación solar, pues sus habitantes se exponen 35 por ciento más a la radiación solar. México en general, es un país que tiene un alto nivel de radiación, según su ubicación geográfica sus niveles de irradiación solar van cambiando.

La exposición excesiva a la radiación UV puede causar efectos nocivos en la piel y los ojos, como quemaduras, envejecimiento prematuro, cataratas y cáncer de piel, es importante contar con un dispositivo que permita medir los niveles de radiación UV y tomar medidas preventivas adecuadas.

Figura 1: En la siguiente figura se muestra el diseño de la república mexicana comparando las zonas de mayor a menor producción anual de radiación solar.



Según investigaciones de SOLARAMA, una empresa dedicada a proveer paneles solares a lo largo de toda la república mexicana,[6]” las 5 ciudades con mayor radiación en México son: Tijuana, Chiapas, Nuevo León, Estado de México y Yucatán”.

Por otro lado, Sánchez Poma, de la Universidad Nacional del Centro de Perú (UNCP), demostró que se puede utilizar un microcontrolador para la creación de un sistema medidor de radiación. Además, declaro:[5]. En la actualidad, las tablas o los mapas de radiación solar se elaboran a partir de mediciones vía satélite o también a partir de los datos obtenidos en algunas ciudades grandes y centros poblados, por lo que, raras veces, se tiene en cuenta los niveles de radiación solar a nivel de las zonas poco pobladas o rurales. De acuerdo con esta incertidumbre, puede conducir al sobredimensionamiento o subdimensionamiento de los equipos de aprovechamiento de la radiación solar. Esta falla en los diseños puede traer consecuencias con respecto a los costos de inversión, operación o mantenimiento, así como la sostenibilidad de los sistemas.”

Actualmente, en el mercado existe una gran variedad de sistemas para medir la radiación a diversos costos, para la contribución de una buena estimación de la radiación solar en áreas de interés.

PARTE EXPERIMENTAL

El tipo de investigación con una aproximación cuantitativa con enfoque experimental en pruebas técnicas. El desarrollo consistió en 2 etapas, en la primera etapa se realizó el diseño de la pulsera utilizando el software SolidWorks, permitiendo la creación de un modelo tridimensional detallado y la consideración de aspectos como ergonomía y funcionalidad. Para validar la eficacia de la pulsera, se realizaron pruebas experimentales utilizando máquinas de ensayo de resistencia en la máquina Instron, y pruebas de fuerza mediante la aplicación de masa. Adicionalmente, se utilizaron higrómetros para evaluar la influencia de la temperatura y humedad en el comportamiento del pigmento fotocrómico aplicado sobre diferentes materiales. La segunda etapa consistió en la realización de una encuesta la cual se llevó a cabo de manera presencial a estudiantes y profesores, posteriormente las respuestas recabadas se pasaron a un formulario Google drive para su análisis, las respuestas permitieron una evaluación sobre la percepción del usuario. El método: la población será una institución de nivel Superior de la Región Carbonífera, con una población total de 2127

estudiantes de Universidad y la muestra de 92 estudiantes con un nivel de confianza del 95% y un 10% de error.

Tabla 1 En la siguiente tabla se muestra la matriz de tamaños muestrales para diversos márgenes de error y niveles de confianza

Matriz de Tamaños Muestrales para diversos márgenes de error y niveles de confianza, al estimar una proporción en poblaciones Finitas

N [tamaño del universo]

2,127

←

Escriba aquí el tamaño del

p [probabilidad de ocurrencia]

0.5

←

Escriba aquí el valor de p

Nivel de Confianza (alfa)	1-alfa/2	z (1-alfa/2)
90%	0.05	1.64
95%	0.025	1.96
97%	0.015	2.17
99%	0.005	2.58

Fórmula empleada

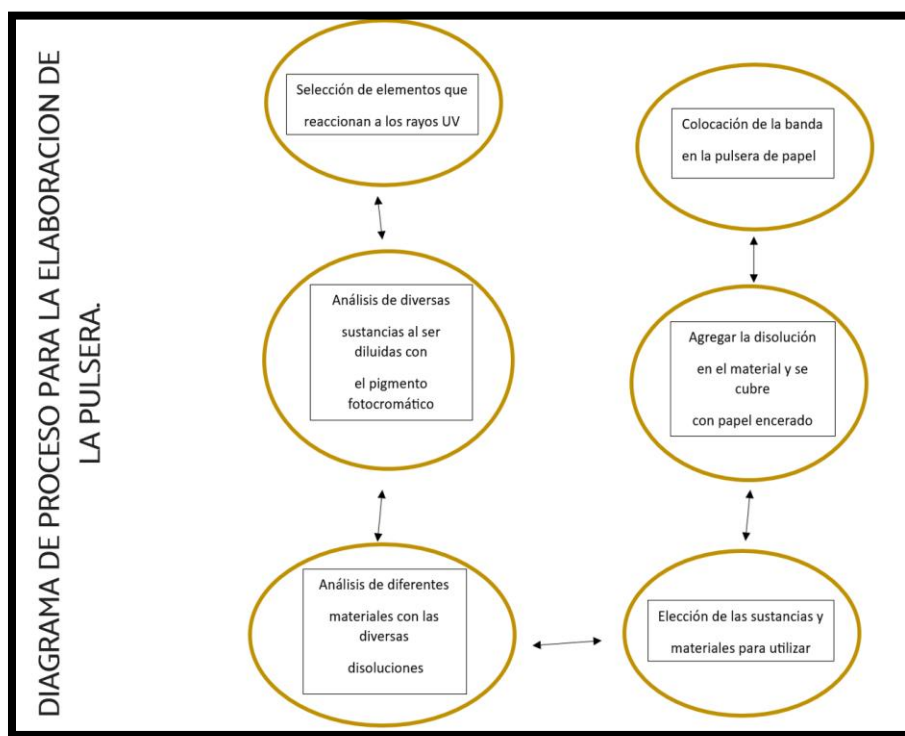
$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o}{N}} \quad \text{donde: } n_o = p*(1-p)* \left(\frac{z(1-\frac{\alpha}{2})}{d} \right)^2$$

Matriz de Tamaños muestrales para un universo de 2127 con una p de 0.5

Nivel de Confianza	d [error máximo de estimación]									
	10.0%	9.0%	8.0%	7.0%	6.0%	5.0%	4.0%	3.0%	2.0%	1.0%
90%	65	80	100	129	172	239	351	553	939	1,616
95%	92	112	140	179	237	325	468	711	1,128	1,741
97%	112	136	169	216	283	386	547	810	1,235	1,802
99%	154	187	232	293	380	507	699	989	1,407	1,886

Fuente: Elaboración propia

Figura 2: Diagrama de proceso



Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS

Se logró determinar que la pulsera inteligente de monitoreo de rayos UV tiene un alto grado de aceptación entre los encuestados, un 89.8% mostró interés en utilizarla para monitorear la exposición a los rayos UV, mientras que el 81.5% destacó la importancia de recibir alertas de exposición excesiva, El 52.8% opinó que el modelo es discreto y minimalista, Un punto relevante es que el 70.4% de los encuestados consideró accesible el precio entre \$100 y \$150 pesos, lo que respalda la viabilidad comercial del producto.

Tabla 2: Resultados de prueba en maquina Instron.

Prueba en maquina instron			
	pulsera ded goma	pulsera de papel	pulsera de Papel Mojada
Carga	0.012 Lb	0.167 Lb	0.118 Lb
Extencion	159.2 mm	28mm	33.3mm

Fuente: Elaboración del software SPSS



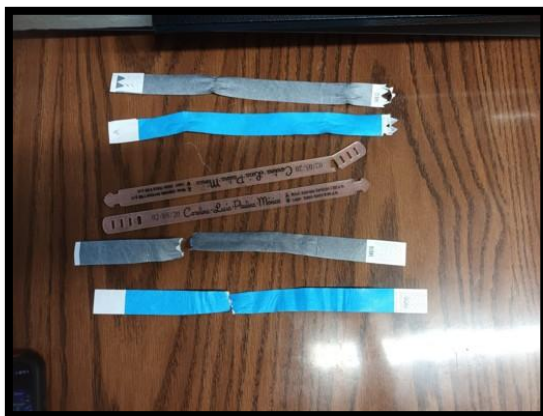
Figura 3: Prueba con masa

Tabla 3: Resultados de prueba aplicando masa

Prueba aplicando masa			
	pulsera Papel	pulsera de Papel Mojada	pulsera de plastico
masa en kg	5	4	8
fuerza en N	49.05	39.24	78.48

Fuente: Elaboración del software SPSS

Figura 4: Resultados finales de fuerza.



Fuente: Elaboración propia

Pruebas de temperatura y humedad

Figura 5: Pruebas con higrómetro



Fuente. Elaboración propia.

Pruebas realizadas al pigmento, de humedad y temperatura, medidas a través de un higrómetro. Según los experimentos realizados, estas variables no afectan en el comportamiento del pigmento y su efectividad.

Figura 6 y 7 Se presenta el diseño del instrumento de medición, con un total de 108 respuestas recopiladas.



Fuente: Elaboración del formulario de Google drive

CONCLUSIONES

La presente investigación concluye que el desarrollo de la pulsera inteligente de monitoreo de radiación ultravioleta (UV) es una propuesta viable, tanto desde el punto de vista técnico como comercial y social. A través del diseño ergonómico y funcional del prototipo, el uso de un pigmento fotocromático y la aplicación de pruebas de resistencia y comportamiento ambiental, se logró validar su eficacia como herramienta preventiva ante la exposición solar. Los resultados de las pruebas con la máquina Instron y los higrómetros demostraron que la pulsera mantiene su funcionalidad en diversas condiciones, lo cual garantiza su uso confiable al aire libre. Por otro lado, la encuesta

aplicada a estudiantes y profesores reveló una alta aceptación del producto, destacando el interés del 89.8% de los encuestados en utilizarla y la percepción de accesibilidad en el precio por parte del 70.4%. En este sentido, la investigación pone en evidencia la necesidad de crear soluciones portátiles, accesibles y educativas para mitigar los efectos negativos de la radiación solar, especialmente en países como México, donde los niveles de exposición son altos durante gran parte del año. Finalmente, la pulsera representa una alternativa con potencial impacto en la salud pública, promoviendo hábitos responsables de exposición al sol.

BIBLIOGRAFÍA

1. Smith, J., & Johnson, A. (2019). *Wearable sensors: An effective tool for monitoring UV radiation exposure*. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 7(3), 123–135. <https://doi.org/10.1080/1234567890>
2. Brown, R., & Davis, M. (2021). *Design and development of a wearable UVA/B dosimeter based on IoT technology*. *Sensors*, 11(2), 456–468. <https://doi.org/10.3390/s110202456>
3. Johnson, L., & Thompson, S. (2019). *Smart wearable ultraviolet (UV) radiation monitoring system*. En *Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technology (ICT 2019)* (pp. 123–135). Ciudad, País: Editorial. (Complete city, country, and editorial details if available.)
4. Anderson, M., & Wilson, K. (2020). *Smart UV monitoring bracelet*. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 8(4), 123–135.
5. Schmelkes, C., & Schmelkes, N. (2010). *Manual para la presentación de anteproyectos e informes de investigación (tesis)*. México: ISBN 978-607-426-091-5.
6. Iberdrola. (2021). *Radiación solar*. Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/compromiso-social/radiacion-solar>
7. Somos Advance. (2022, 24 noviembre). *Instrumentos para medir radiación solar*. Somos Advance. <https://somosadvance.com/expertise/instrumentos-para-medir-la-radiacion-solar/>
8. Vicente, P. I. (2019). *Diseño e implementación de un prototipo medidor de radiación ultravioleta alimentado por paneles solares* [Tesis de pregrado]. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4575755>
9. Universidad Nacional del Centro del Perú. (s. f.). *Diseño y construcción de medidor de radiación con seguimiento solar y registrador de datos* [Tesis de pregrado]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4869/S%C3%A1nchez%20Poma.pdf?sequence=1>
10. Solarama. (2021). *Top 5 estados con mayor radiación solar en México*. Solarama Paneles Solares México. <https://solarama.mx/blog/radiacion-solar-en-mexico/>
11. Dirección General de Comunicación Social UNAM. (s. f.). *Alertan investigadores de la UNAM por efectos de la radiación solar en la salud*. https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2016_362.html

EFFECTO DEL CAMBIO DE RAPIDEZ DE LA MARCHA SOBRE LOS PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES Y LA CINEMÁTICA DE LA RODILLA

Andrea Natalia Alonso Romero, Luis Ángel Ortiz Lango, Israel Miguel Andrés, Sergio Alonso Romero

Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC), León, Guanajuato, México
nataliaalonso048@gmail.com

RESUMEN

La marcha humana es un proceso dinámico complejo en el que existe una variabilidad de parámetros espacio-temporales y cinemática de articulaciones. Las alteraciones en estos parámetros, indistintamente de su causa, pueden resultar en lesiones o patologías, siendo la rodilla una de las más afectadas. El objetivo de este estudio fue analizar el efecto que genera el cambio de velocidad de la marcha sobre los parámetros espacio-temporales y la cinemática de la rodilla. Comprender esto aporta una visión más amplia sobre la velocidad óptima para la estabilidad y la reducción del riesgo de lesiones. Cinco jóvenes adultos con edad promedio de 29 ± 8.9 años y masa promedio de 78.25 ± 8.35 kg participaron en el estudio. Se evaluó la marcha a cinco velocidades 1.5, 2, 2.5, 3 y 3.5 mph (equivalentes a 0.67, 0.89, 1.12, 1.34 y 1.56 m/s, respectivamente) mediante el sistema de captura de movimiento Vicon, con 16 marcadores reflejantes adheridos a ambas extremidades inferiores. Se empleó una caminadora Pro-Form 595PI con 0° de inclinación. Se realizaron cinco grabaciones para cada velocidad y estas pruebas se evaluaron mediante el software Nexus. El procesamiento de datos se realizó mediante el software de Matlab. Los resultados muestran que el aumento de la velocidad de la marcha estuvo acompañado de un incremento en la flexión máxima de la rodilla durante la fase de oscilación, alcanzando una media de $51.49^\circ \pm 6.23^\circ$ en la rodilla derecha y $51.91^\circ \pm 5.82^\circ$ en la rodilla izquierda a 3.5 mph. Además, la cadencia presentó una tendencia similar, se incrementa conforme aumenta la velocidad de la marcha, llegando a 120.26 ± 5.56 pasos por minuto a 3.5 mph. Conocer el efecto que genera el cambio de rapidez sobre los parámetros espacio-temporales y la cinemática de la rodilla, será de gran ayuda para fisioterapeutas, entrenadores y deportistas que practican la marcha.

INTRODUCCIÓN

La marcha es una habilidad motriz compleja que requiere de un grado alto de coordinación y, debido a diversos factores, puede presentar una gran variabilidad. Se trata de un conjunto de movimientos cíclicos ejecutados con el objetivo de desplazarse de un punto a otro. Los cambios en los patrones de marcha pueden deberse a diferentes restricciones morfológicas, biomecánicas o ambientales [1].

Tradicionalmente, el análisis clínico de estas variaciones y sus restricciones sirve para identificar disfunciones y limitaciones en la marcha, teniendo como resultado la mejora del rendimiento y la prevención de lesiones o patologías [2]. Sin embargo, para poder diagnosticar correctamente una variación como patológica, es necesario contar con un modelo optimizado de la marcha, es decir, un modelo que represente un patrón sano o normal derivado del análisis de un grupo de sujetos sin alteraciones biomecánicas [3]. Este debe contrastar dichos cambios y demostrarlos disfuncionales.

Con el propósito de contribuir a este modelo teórico, este estudio pretende observar y analizar los cambios de los parámetros espacio-temporales, así como la cinemática de la rodilla, cuando la marcha se realiza a diferentes velocidades en individuos sanos. Caracterizar el efecto de la velocidad en la marcha es importante ya que podría influir en la estabilidad, la eficiencia y la carga mecánica sobre las articulaciones.

Investigaciones previas han demostrado que el incremento de la velocidad de marcha provoca ángulos de flexión en la rodilla más amplios y un incremento en la flexión plantar del tobillo [4]. Estos cambios indican una adaptación biomecánica de las articulaciones a la velocidad. También se ha evidenciado que caminar a velocidades más lentas resulta en variaciones más grandes de la longitud y el ancho del paso, lo que sugiere distintos mecanismos de control de la marcha en respuesta a la variación de la velocidad [5]. Sin embargo, la mayoría de estas investigaciones han analizado un amplio rango de velocidades no específicas, comúnmente denominadas velocidad autoseleccionada, es decir, la velocidad más cómoda o natural para el participante, sin evaluar el efecto de cada incremento específico de velocidad. Adicionalmente, en estos estudios los sujetos suelen caminar sobre pasarelas de un largo fijo.

La metodología de este estudio difiere al usar una caminadora. Esto permitió un control preciso de la velocidad y aseguró que los participantes mantuvieran un ritmo constante a lo largo de cada prueba. Además, se buscó reducir la variabilidad asociada a la autoselección de velocidad. Aunque la marcha en caminadora presenta algunas diferencias con respecto a la marcha en suelo firme, diversos estudios han demostrado que los patrones cinemáticos son comparables siempre y cuando se permita un período de adaptación [6], [7].

MARCO TEÓRICO

Paso

Se denomina así a la parte del ciclo de la marcha delimitada por los contactos iniciales de pies opuestos. Es decir, un paso engloba todos los movimientos que ocurren de cuando un pie toca el suelo hasta que el pie opuesto vuelve a hacer contacto con el suelo [8]. Por otro lado, un ciclo completo de la marcha, también llamado zancada, está constituido por dos pasos. Por lo tanto, un ciclo o zancada empieza con el contacto inicial de un pie y termina con el siguiente contacto inicial del mismo pie [1], [8], [9].

Cadencia

Es el periodo de paso, es decir, el número de pasos que ocurren en un tiempo determinado [8], [9]. Usualmente se mide en pasos por minuto [1]. Existen muchas maneras de obtener esta medición de manera experimental, la más obvia es contar los pasos en un minuto. También es común contar las zancadas y dividir entre dos. Además, se suele usar intervalos de tiempo más pequeños y multiplicar el resultado para estimar cuantos pasos ocurrirían durante un minuto si se mantuviera el mismo ritmo.

Rodilla

La rodilla es una de las articulaciones más vulnerables a lesiones, ya que soporta carga tanto durante el movimiento como en posición estática [10]. Al igual que todas las articulaciones, su rango de movimiento está limitado por ligamentos y tendones. Debido a su configuración ósea, la estabilidad de toda la articulación reside principalmente en los ligamentos [11], [12].

Los principales ligamentos de la rodilla son los colaterales (medial y lateral) y cruzados (posterior y anterior). Se estima que el 86% de la estabilidad de la articulación es proporcionada por ligamento cruzado anterior (LCA), ya que limita la rotación y el desplazamiento anterior de la tibia con relación al fémur [11], [13]. Como resultado, el LCA es el ligamento más frecuentemente lesionado, con una incidencia mayor en mujeres, y ha sido el foco principal de numerosos estudios [14], [15], [16].

Un estudio basado en modelos tridimensionales encontró que el estrés y la deformación del LCA alcanzan su punto máximo a bajos grados de flexión, particularmente entre 0° y 30°, mientras que a partir de los 30° la tensión disminuye [17]. Por otro lado, otras investigaciones revelan que el aumento en la flexión de rodilla genera una mayor activación y requiere mayor fuerza del cuádriceps [18], [19],

[20]. La activación del cuádriceps genera una tracción hacia adelante de la tibia, lo que aumenta la tensión en el LCA [18]. Si los músculos isquiotibiales están activados al mismo tiempo que el cuádriceps, ayudan a tirar la tibia hacia atrás, lo que alivia la carga sobre el LCA [19].

De lo anterior se puede concluir que la flexión moderada y un equilibrio adecuado de la activación muscular parece ser la condición ideal para minimizar la tensión en el LCA y promover una biomecánica más segura.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Participantes

Se estudiaron 5 voluntarios sanos masculinos, libres de patologías de la marcha diagnosticadas. La edad promedio de los participantes fue de 29 ± 8.9 años y la masa promedio de 78.25 ± 8.35 kg.

Experimentación

Se explicó a los participantes el protocolo y propósito del estudio. La marcha de cada participante se evaluó a 5 velocidades: 1.5, 2, 2.5, 3 y 3.5 mph (equivalentes a 0.67, 0.89, 1.12, 1.34 y 1.56 m/s, respectivamente). Se seleccionaron estas velocidades mediante una investigación preliminar previa, en la que se encontró que dentro de este rango la marcha sigue siendo relativamente cómoda. Los participantes caminaron sobre una caminadora Pro-Form 595PI con 0° de inclinación, que permitió el control de las velocidades.

Se usaron un total de 16 marcadores reflejantes adheridos a ambas extremidades inferiores. Los marcadores fueron colocados en las espinas ilíacas anterosuperiores y posterosuperiores, muslos, rodillas, tibias, tobillos, talones y sobre la cabeza de los segundos metatarsianos.

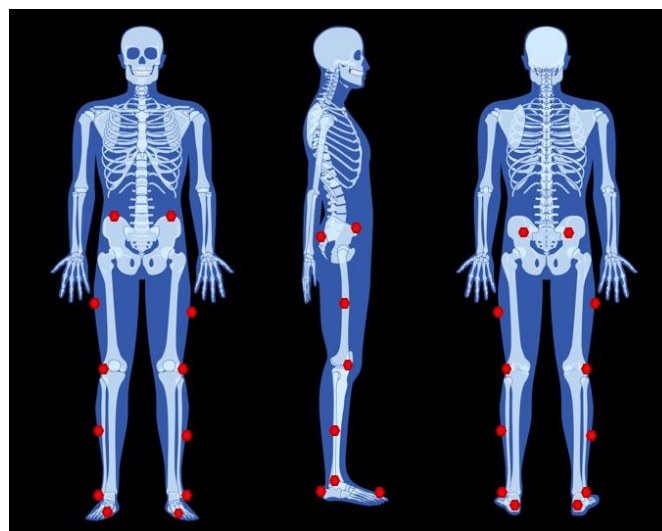


Figura 1. Representación de la colocación de marcadores reflejativos en vistas frontal (izquierda), lateral (centro) y posterior (derecha). Imagen modificada a partir de ilustración de Katya Golovchyn (2022), iStock [21].

Obtención de datos

Se usó el sistema de captura de movimiento Vicon, que permite el análisis en tres dimensiones de los marcadores reflejantes mediante cámaras de infrarrojo. Se realizaron 5 grabaciones de una

duración de 50 segundos, aproximadamente, de cada velocidad. Se descartaron la primera y última grabación de cada velocidad para permitirle a los participantes un período de adaptación y excluir posibles alteraciones por fatiga.

Procesamiento de la señal

Las 3 grabaciones restantes de cada velocidad se analizaron mediante el software Nexus de Vicon. Este software permite registrar los valores de trayectoria de todos los marcadores y guardarlos en archivos de extensión .CSV separados por comas. Inicialmente, estos archivos se procesaron en Excel para posteriormente pasar a un procesamiento completo en MATLAB.

En MATLAB se pudo calcular el ángulo de flexión-extensión de la rodilla a lo largo de cada prueba usando las trayectorias de los marcadores en muslos, rodillas, y tibias. Esta señal se filtró y se seccionó en ciclos de la marcha al identificar los mínimos de la señal y señalarlos como el inicio de cada ciclo. Cada ciclo se normalizó a 100 para poder representarlo en términos de porcentaje del ciclo de la marcha. Posteriormente, se promediaron todos los ciclos y se obtuvo la desviación estándar. Esto permitió comparar las gráficas de los promedios a cada velocidad junto con sus respectivas desviaciones estándar positivas y negativas.

La cadencia se obtuvo a partir de las coordenadas en z de los marcadores de talón. Se contaron las veces en que la señal del talón derecho cruza la del talón izquierdo, lo que indica cambios de apoyo y, por tanto, pasos. También fue necesario determinar la duración total de la señal en segundos, dividiendo la cantidad de cuadros entre la frecuencia de muestreo de 100 Hz. Estos dos cálculos permitieron mostrar la cadencia en pasos por minuto.

El ancho de paso se calculó mediante las coordenadas en el eje x de ambos talones, midiendo la diferencia entre las posiciones del talón izquierdo y derecho en ese eje. De la misma manera, la longitud de paso se determinó calculando la diferencia entre las coordenadas en y de los dos talones. La longitud de zancada se obtuvo duplicando el valor de la longitud de paso. Finalmente, se promediaron los valores de cadencia, longitud de paso y zancada, y se calcularon las desviaciones estándar.

Pruebas Estadísticas

Los datos obtenidos en MATLAB fueron sometidos a un análisis estadístico realizado con la biblioteca estadística de Python.

En primer lugar, se realizaron pruebas para evaluar la normalidad de la distribución de los ángulos de flexión-extensión de la rodilla, la longitud y el ancho de paso a distintas velocidades. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk con un valor de significancia de 0.05, y complementariamente, se aplicó la prueba de Anderson-Darling, también con un valor de significancia de 0.05. En el caso de la prueba de Shapiro-Wilk, si el valor p era menor a 0.05, se rechazaba la hipótesis nula de normalidad, lo que indicaba que los datos no seguían una distribución normal. En la prueba de Anderson-Darling, se comparó el valor crítico obtenido con el valor de la estadística de prueba. Si la estadística calculada era mayor que el valor crítico, también se rechazaba la hipótesis nula de normalidad.

Dado que los datos no siguieron una distribución normal, se aplicaron pruebas no paramétricas. Se utilizó la prueba de Friedman para determinar si existían diferencias significativas globales entre las velocidades analizadas [22]. Es importante destacar que la prueba de Friedman solo permite identificar si hay una variación general en los parámetros en función de la velocidad, pero no señala específicamente entre qué pares de velocidades se encuentran dichas diferencias. Por esta razón y para profundizar en los resultados de la prueba de Friedman, fue necesario realizar análisis *post hoc* utilizando la prueba de Wilcoxon. La prueba de Wilcoxon permite realizar comparaciones por pares entre las diferentes velocidades para identificar qué diferencias son estadísticamente significativas [23]. Además, se aplicó la corrección FDR (False Discovery Rate) utilizando el método de Benjamini-

Krieger-Yekutieli para ajustar los valores p , controlando la tasa de falsos positivos en las comparaciones múltiples [24].

No se realizaron pruebas estadísticas para la cadencia debido a la naturaleza de los datos. A diferencia de otros parámetros como el ángulo de flexión de rodilla o la longitud de paso, que fueron calculados ciclo por ciclo y por lo tanto generaban un número considerable de repeticiones por trial, la cadencia fue calculada como un valor único por cada prueba, basado en el número total de pasos durante la duración de la prueba. Esto significa que, para cada sujeto y cada velocidad, solo se dispone de tres valores (uno por prueba), lo cual no es suficiente para realizar comparaciones con validez estadística.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos evidencian los cambios ocurridos en la cinemática de la rodilla, la cadencia, la longitud de paso y ancho de paso debido a la progresión de velocidad de la marcha. También muestran una gran variabilidad interindividual, es decir, reflejan y acentúan las diferencias entre sujetos. Esta variabilidad es esperada y puede estar influenciada por factores como la velocidad preferida, la postura y particularidades biomecánicas y anatómicas de cada individuo, como el índice de masa corporal, la preferencia por un lado del cuerpo, como ser diestro o zurdo, y la posición del centro de gravedad [25], [26], [27], [28].

Cinemática de Rodilla

El comportamiento de la flexión máxima puede describirse como un aumento generalizado conforme incrementa la velocidad para ambas rodillas. Este es un resultado esperado, pues a mayores velocidades el cuerpo necesita generar una mayor oscilación de las piernas, especialmente para evitar el arrastre [4]. Se puede observar en las Figuras 2 y 3 un aumento conforme la velocidad pasa de 1.5 a 2.5 mph, seguido de una ligera estabilización o incluso leve descenso a 3 y 3.5 mph. Este comportamiento sugiere que el cuerpo alcanza un punto óptimo de flexión que favorece la eficiencia del patrón de marcha y que, a partir de ciertas velocidades, en lugar de continuar incrementándola, se adoptan otras estrategias. Una posible explicación es que una mayor flexión requeriría una activación excesiva del cuádriceps, lo que incrementaría la tracción anterior sobre la tibia [18]. Al limitar esta activación, el cuerpo podría estar protegiendo al ligamento cruzado anterior (LCA).

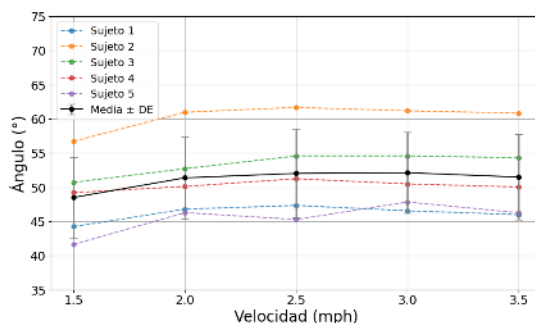


Figura 2. Flexión máxima de rodilla derecha a diferentes velocidades de la marcha.

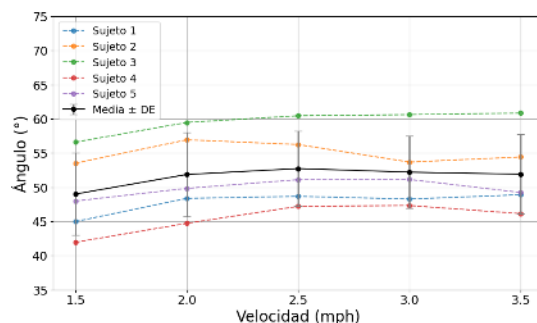


Figura 3. Flexión máxima de rodilla izquierda a diferentes velocidades de la marcha.

También se pueden hacer observaciones importantes respecto a la desviación estándar en las distintas velocidades. Los valores más bajos de desviación estándar se registraron principalmente entre 2.5 y 3 mph. Este patrón sugiere que entre 2.5 y 3 mph se alcanza una mayor consistencia en la ejecución del movimiento, reflejada en una menor variabilidad. Esto podría indicar que dicha velocidad representa un rango de marcha más preciso y repetible y, por lo tanto, más eficiente y estable.

De manera similar, en las Figuras 4 y 5 se observa que los primeros picos de flexión, asociados a la fase de apoyo (aproximadamente el primer 60% del ciclo de marcha [9]), tienden a incrementarse conforme aumenta la velocidad. Esta mayor flexión durante el apoyo podría estar relacionada con una necesidad de absorber una mayor cantidad de energía cinética generada por el incremento de la velocidad del cuerpo en el momento del contacto con el suelo. Se ha demostrado que un mayor ángulo de flexión de rodilla al contacto puede reducir el pico de la fuerza de reacción vertical del suelo, funcionando como una estrategia biomecánica de atenuación del impacto [29]. Además, se aprecia una disminución en la desviación estándar durante esta misma fase, lo cual sugiere una mayor estabilidad y control a velocidades más altas.

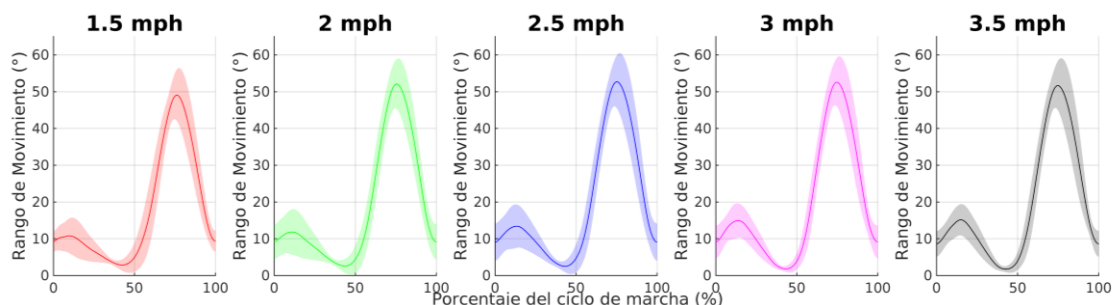


Figura 4. Promedio y desviación estándar de ángulo de flexión-extensión de la rodilla derecha a lo largo del ciclo de marcha a las diferentes velocidades.

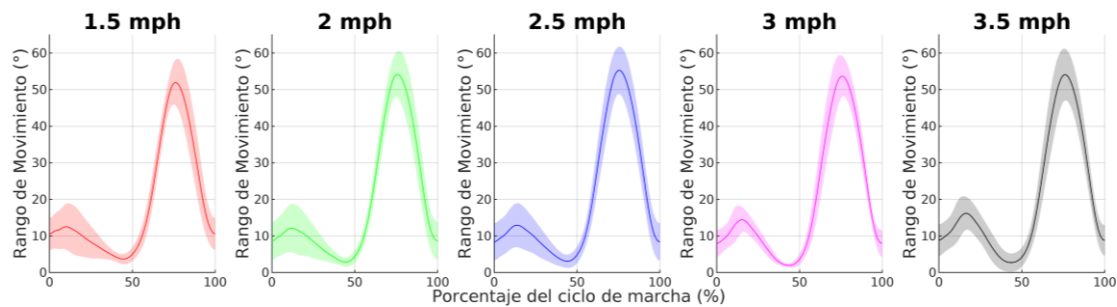


Figura 5. Media de ángulo de flexión-extensión de la rodilla izquierda a lo largo del ciclo de marcha a las diferentes velocidades.

Como se muestra en las Tablas 1 a 4 y como se mencionó anteriormente, ninguna de las distribuciones se ajustó a una normalidad, por lo que para poder comparar y evaluar estadísticamente las diferencias entre las velocidades, se optó por pruebas no paramétricas. Los resultados de las pruebas de Friedman mostraron diferencias significativas globales entre todas las velocidades para el rango de movimiento tanto de la rodilla derecha (Estadístico = 377.08, $p = 2.48e-80$) como de la izquierda (Estadístico = 59.18, $p = 4.31e-12$). Las pruebas de Wilcoxon post-hoc revelaron diferencias estadísticas entre los rangos de movimiento a todas las velocidades en la rodilla derecha (Tabla 5), mientras que hubo dos excepciones en la rodilla izquierda (Tabla 6), entre los pares 1.5 vs 3 mph y 2 vs 3 mph. Estos resultados prueban que existe una adaptación del patrón de movimiento de la rodilla para cumplir con las demandas dinámicas de cada velocidad.

Tabla 1. Resultados de las pruebas de normalidad para los ángulos de flexión de la rodilla derecha en las diferentes velocidades.

Velocidad (mph)	Estadístico Shapiro-Wilk	p-valor Shapiro-Wilk	Estadístico Anderson-Darling (A ²)	Normalidad
1.5	0.842	2.51e-36	91.87	No
2.0	0.846	5.68e-36	88.74	No
2.5	0.854	3.03e-35	83.46	No
3.0	0.862	1.82e-34	77.49	No
3.5	0.863	2.26e-34	77.20	No

Tabla 2. Resultados de las pruebas de normalidad para los ángulos de flexión de la rodilla izquierda en las diferentes velocidades.

Velocidad (mph)	Estadístico Shapiro-Wilk	p-valor Shapiro-Wilk	Estadístico Anderson-Darling (A ²)	Normalidad
1.5	0.839	1.28e-36	91.20	No
2.0	0.833	4.12e-37	96.03	No
2.5	0.843	2.85e-36	91.36	No
3.0	0.841	2.31e-36	92.70	No
3.5	0.865	3.95e-34	74.58	No

Tabla 3. Resultados de las pruebas de normalidad para longitud de paso a las diferentes velocidades

Velocidad (mph)	Estadístico Shapiro-Wilk	p-valor Shapiro-Wilk	Estadístico Anderson-Darling (A ²)	Normalidad
1.5	0.917	2.21e-22	29.61	No
2.0	0.855	1.83e-30	69.34	No
2.5	0.949	4.13e-21	23.30	No
3.0	0.941	5.30e-23	27.11	No
3.5	0.964	1.43e-17	11.57	No

Tabla 4. Resultados de las pruebas de normalidad para ancho de paso a las diferentes velocidades.

Velocidad (mph)	Estadístico Shapiro-Wilk	p-valor Shapiro-Wilk	Estadístico Anderson-Darling (A ²)	Normalidad
1.5	0.984	1.11e-08	3.72	No
2.0	0.980	4.06e-11	9.11	No
2.5	0.983	3.18e-11	8.49	No
3.0	0.996	6.87e-04	2.22	No
3.5	0.991	2.98e-07	3.34	No

Tabla 5. Valores de p obtenidos en las comparaciones post hoc (prueba de Wilcoxon) para los ángulos de flexión de la rodilla derecha en las diferentes velocidades. Significancia estadística: $p < 0.05$ (*), $p < 0.01$ (**), $p < 0.001$ (***) ; ns = no significativo.

Velocidades	1.5 mph	2 mph	2.5 mph	3 mph	3.5 mph
1.5 mph	—				
2 mph	6.2e-36 ***	—			
2.5 mph	1.32e-72 ***	1.58e-60 ***	—		
3 mph	1.67e-51 ***	1.14e-16 ***	8.21e-03 **	—	
3.5 mph	4.23e-32 ***	5.80e-05 ***	4.65e-06 ***	3.69e-02 *	—

Tabla 6. Valores de p obtenidos en las comparaciones post hoc (prueba de Wilcoxon) para los ángulos de flexión de la rodilla izquierda en las diferentes velocidades. Significancia estadística: $p < 0.05$ (*), $p < 0.01$ (**), $p < 0.001$ (***); ns = no significativo.

Velocidades	1.5 mph	2 mph	2.5 mph	3 mph	3.5 mph
1.5 mph	—				
2 mph	1.88e-02 *	—			
2.5 mph	3.17e-08 ***	1.38E-10 ***	—		
3 mph	1 ns	1 ns	3.59E-07 ***	—	
3.5 mph	1.99e-11 ***	2.60E-11 ***	2.08e-02 *	3.21e-18 ***	—

Cadencia

La cadencia muestra un aumento significativo con el incremento de la velocidad, como se detalla en la Figura 6. De 83.87 pasos/min a 1.5 mph se incrementó a 120.26 pasos/min a 3.5 mph. Este comportamiento es razonable, ya que una mayor velocidad requiere un aumento en la frecuencia de pasos para mantener el desplazamiento [30].

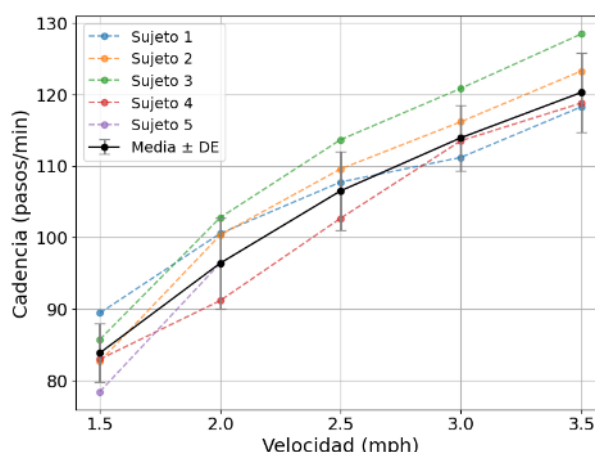


Figura 6. Cadencia a diferentes velocidades de la marcha.

Incluso sin aplicar pruebas estadísticas, la tendencia creciente clara observada en la media grupal, junto con la consistencia individual, permiten inferir con confianza que la cadencia se ve afectada directamente por el incremento de la velocidad.

Longitud de Paso

Los resultados de longitud de paso (Figura 7) presentan comportamiento interesante tanto en las tendencias individuales como en la media grupal. Aquí es donde se observan de mejor manera las variabilidades entre sujetos.

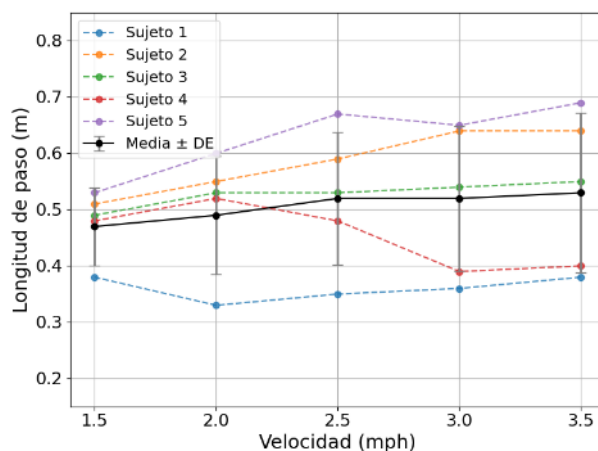


Figura 7. Longitud de paso a diferentes velocidades de la marcha.

En general, la media de la longitud de paso aumenta ligeramente conforme incrementa la velocidad, pasando de 0.47 m a 0.53 m entre 1.5 y 3.5 mph. Esto coincide con lo esperado biomecánicamente, ya que al caminar más rápido los sujetos tienden a alargar el paso. Sin embargo, este aumento es pequeño, lo que indica que el principal mecanismo para aumentar la velocidad no es alargar el paso, sino aumentar la cadencia.

De manera individual, se puede observar que algunos sujetos tienen una tendencia clara de incremento constante en la longitud de paso con la velocidad, mientras que otros muestran una longitud de paso casi constante o incluso disminuciones. Esto sugiere que no todos los sujetos adaptan su marcha de la misma manera y esto puede deberse a estrategias motoras, nivel de confort, fatiga o su capacidad física individual, incluso percepción del riesgo de pérdida de equilibrio [5], [30], [31].

La prueba estadística de Friedman mostró diferencias significativas entre velocidades (Estadístico = 241.61, $p = 4.18e-51$). Sin embargo, las comparaciones post hoc (Tabla 7) indicaron que no hubo diferencias significativas entre los pares 3.5 vs 2 mph y 3.5 vs 2.5 mph. Esto sugiere que la longitud de paso tiende a estabilizarse en los rangos superiores de velocidad, y es consistente con que el cambio de este parámetro es solo una estrategia secundaria para el aumento de la velocidad de la marcha.

Tabla 7. Valores de p obtenidos en las comparaciones post hoc (prueba de Wilcoxon) para longitud de paso a las diferentes velocidades. Significancia estadística: $p < 0.05$ (*), $p < 0.01$ (**), $p < 0.001$ (***); ns = no significativo.

Velocidades	1.5 mph	2 mph	2.5 mph	3 mph	3.5 mph
1.5 mph	—				
2 mph	2.92e-12 ***	—			
2.5 mph	1.28e-11 ***	6.02e-05 ***	—		
3 mph	3.17e-18 ***	1.42e-18 ***	1.42e-18 ***	—	
3.5 mph	4.97e-03 **	0.12 ns	1.0 ns	1.46e-10 ***	—

Ancho de Paso

La Figura 8 de resultados de ancho de paso revela un comportamiento aparentemente más estable y homogéneo en comparación con los otros parámetros estudiados. La media grupal del ancho de paso se mantiene bastante constante en todo el rango de velocidades, variando apenas de 0.10 m a 0.11 m entre 1.5 y 3.5 mph. En cuanto a las variaciones interindividuales, aunque se puede observar que cada sujeto tiene un ancho de paso distinto, este también se mantiene relativamente estable a lo largo de las velocidades evaluadas, sin tendencias claras de aumento o disminución.

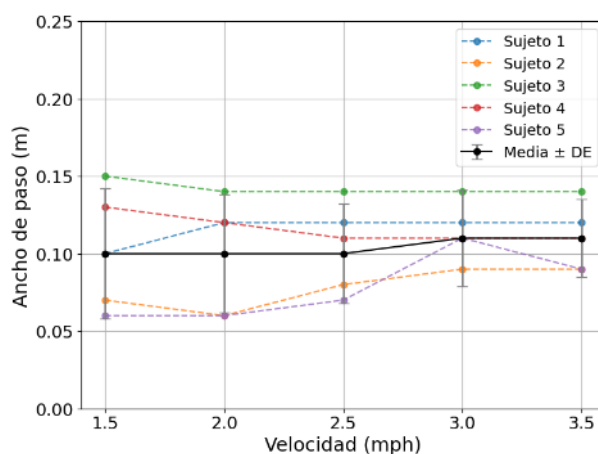


Figura 8. Ancho de paso a diferentes velocidades de la marcha.

Sin embargo, al realizar el análisis estadístico global con la prueba de Friedman (Estadístico = 5.52, $p = 1.99\text{e-}13$) y comparaciones post hoc con la prueba de Wilcoxon (Tabla 8), se observó que, a pesar de la pequeña magnitud del cambio, existen diferencias estadísticamente significativas entre varias de las velocidades evaluadas. Esto indica que sí se realizan ajustes sutiles pero consistentes en el ancho de paso conforme aumenta la velocidad.

Tabla 8. Valores de p obtenidos en las comparaciones post hoc (prueba de Wilcoxon) para ancho de paso a las diferentes velocidades. Significancia estadística: $p < 0.05$ (*), $p < 0.01$ (**), $p < 0.001$ (***); ns = no significativo.

Velocidades	1.5 mph	2 mph	2.5 mph	3 mph	3.5 mph
1.5 mph	—				
2 mph	1.22e-02 *	—			
2.5 mph	3.99e-06 ***	0.51 ns	—		
3 mph	9.23e-06 ***	0.01 *	0.95 ns	—	
3.5 mph	7.23e-18 ***	9.58e-08 ***	2.25e-04 ***	3.46e-03 **	—

Así, aunque el ancho de paso es aparentemente estable para cada sujeto y la media grupal no muestra grandes fluctuaciones, los datos sugieren una modulación leve del patrón de marcha.

No obstante, este estudio presenta limitaciones importantes que deben tenerse en cuenta al interpretar los resultados. En primer lugar, la muestra fue pequeña y estuvo compuesta exclusivamente por hombres adultos jóvenes y sanos, lo que limita la generalización a otras

poblaciones, como mujeres, adultos mayores, niños o personas con patologías. Además, no se consideraron factores como la fatiga ni condiciones de marcha más desafiantes, los cuales podrían influir en los resultados en contextos más realistas. Asimismo, solo se evaluaron cinco velocidades con incrementos relativamente amplios de 0.5 mph, lo que reduce la resolución del análisis y podría haber dejado sin explorar puntos intermedios relevantes.

Estudios futuros con muestras más amplias y diversas, que incluyan distintas condiciones de marcha e incrementos de velocidad más pequeños, permitirán validar estos hallazgos y mejorar su aplicabilidad general.

CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que el rango de velocidad más consistente y eficiente encuentra entre 2.5 y 3 mph. A estas velocidades, se observó que la flexión máxima de ambas rodillas tiende a estabilizarse en su punto máximo, a diferencia del aumento progresivo registrado a velocidades más bajas. Esta estabilización podría indicar que, en este rango, se alcanza un punto de flexión eficiente que no requiere incrementos adicionales que pudieran implicar una mayor exigencia muscular o riesgo biomecánico.

Por otro lado, los valores más bajos de desviación estándar en los ángulos de flexión, observados entre 2.5 y 3 mph, sugieren una mayor consistencia y estabilidad en el patrón de movimiento dentro de ese rango. La cadencia mostró un incremento continuo con el aumento de la velocidad, lo que refleja una adaptación activa del cuerpo. Asimismo, la longitud y el ancho de paso tendieron a estabilizarse, aunque con alta variabilidad interindividual, lo que sugiere la existencia de diferentes estrategias motoras entre los participantes.

En conjunto, estos hallazgos obtenidos no apuntan a una velocidad óptima absoluta, sino que sugieren que resulta más apropiado considerar un rango funcionalmente eficiente, ubicado entre 2.5 y 3 mph. Además, contribuyen a la caracterización de la marcha a distintas velocidades, y refuerzan la importancia de considerar la velocidad como un factor clave en el análisis biomecánico de la marcha. Por otro lado, los resultados podrían ser útiles en contextos clínicos o deportivos, por ejemplo, en evaluaciones funcionales o en la planificación de programas de rehabilitación y entrenamiento orientados a optimizar la marcha.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. M. Silva and N. Stergiou, "The basics of gait analysis," in *Biomechanics and Gait Analysis*, Elsevier, 2020, pp. 225–250. doi: 10.1016/B978-0-12-813372-9.00007-5.
- [2] O. Mohamed and H. Appling, "Clinical Assessment of Gait," in *Orthotics and Prosthetics in Rehabilitation*, vol. 4, Amsterdam: Elsevier, 2020, pp. 102–144. doi: 10.1016/B978-0-323-60913-5.00005-2.
- [3] C. Cifuentes, F. Martínez, and E. Romero, "Análisis teórico y computacional de la marcha normal y patológica: una revisión," *Revista Med*, vol. 18, no. 2, pp. 182–196, 2010, doi: 10.18359/rmed.1311.
- [4] J. W. Kwon, S. M. Son, and K. Lee, "Changes of kinematic parameters of lower extremities with gait speed: a 3D motion analysis study," *J Phys Ther Sci*, vol. 27, no. 2, pp. 477–479, 2015, doi: 10.1589/jpts.27.477.
- [5] K. S. Thomas, D. M. Russell, B. L. Van Lunen, S. R. Colberg, and S. Morrison, "The impact of speed and time on gait dynamics," *Hum Mov Sci*, vol. 54, pp. 320–330, Aug. 2017, doi: 10.1016/j.humov.2017.06.003.
- [6] D. Malatesta, M. Canepa, and A. Menendez Fernandez, "The effect of treadmill and overground walking on preferred walking speed and gait kinematics in healthy, physically active older adults," *Eur J Appl Physiol*, vol. 117, no. 9, pp. 1833–1843, Sep. 2017, doi: 10.1007/s00421-017-3672-3.

- [7] L. H. Sloom, M. M. van der Krogt, and J. Harlaar, "Self-paced versus fixed speed treadmill walking," *Gait Posture*, vol. 39, no. 1, pp. 478–484, Jan. 2014, doi: 10.1016/j.gaitpost.2013.08.022.
- [8] J. Cámara, "Análisis de la marcha: sus fases y variables espacio-temporales," *Entramado*, vol. 7, no. 1, pp. 160–173, 2011.
- [9] A. Kharb, V. Saini, Y. K. Jain, and S. Dhiman, "A review of gait cycle and its parameters," *IJCEM Int J Comput Eng Manag*, vol. 13, no. 1, pp. 78–83, 2011.
- [10] J. Prathap Kumar, M. Arun Kumar, and D. Venkatesh, "Healthy gait: Review of anatomy and physiology of knee joint," *Int J Curr Res Rev*, vol. 12, no. 6, pp. 1–8, 2020, doi: 10.31782/IJCRR.2020.12061.
- [11] J. F. Abulhasan and M. J. Grey, "Anatomy and physiology of knee stability," *J Funct Morphol Kinesiol*, vol. 2, no. 4, pp. 34–45, Dec. 2017, doi: 10.3390/jfmk2040034.
- [12] D. Trâmbițaș, I. Baier, and S. N. G. N. Romgaz, "Clinical and Imaging Study of Knee Biomechanics," *Buletinul UPG*, vol. 62, no. 4, pp. 161–168, 2010.
- [13] D. Butler, F. Noyes, and E. Grood, "Ligamentous restraints to anterior drawer in the human knee: a biomechanical study," *J Bone Joint Surg*, vol. 62, no. 2, pp. 259–70, Apr. 1980.
- [14] J. G. Oliphant, J. P. Drawbert, E. Claire, and W. 54702 John, "Gender Differences in Anterior Cruciate Ligament Injury Rates in Wisconsin Intercollegiate Basketball," *J Athl Train*, vol. 31, pp. 245–247, 1996.
- [15] M. L. Ireland, "The female ACL: why is it more prone to injury?," *Orthopedic Clinics*, vol. 33, no. 4, pp. 637–651, 2002, doi: 10.1016/S0030-5898(02)00028-7.
- [16] B. Moses, J. Orchard, and J. Orchard, "Systematic review: Annual incidence of ACL injury and surgery in various populations," *Research in Sports Medicine*, vol. 20, no. 3–4, pp. 157–179, 2012, doi: 10.1080/15438627.2012.680633.
- [17] S. Yang *et al.*, "Stress and strain changes of the anterior cruciate ligament at different knee flexion angles: A three-dimensional finite element study," *Journal of Orthopaedic Science*, vol. 29, no. 4, pp. 995–1002, Jul. 2024, doi: 10.1016/j.jos.2023.05.015.
- [18] W. Mesfar and A. Shirazi-Adl, "Biomechanics of the knee joint in flexion under various quadriceps forces," *Knee*, vol. 12, no. 6, pp. 424–434, Dec. 2005, doi: 10.1016/j.knee.2005.03.004.
- [19] T. J. Withrow, L. J. Huston, E. M. Wojtyś, and J. A. Ashton-Miller, "The relationship between quadriceps muscle force, knee flexion, and anterior cruciate ligament strain in an in vitro simulated jump landing," *American Journal of Sports Medicine*, vol. 34, no. 2, pp. 269–274, Feb. 2006, doi: 10.1177/0363546505280906.
- [20] C. Krishnan, E. J. Allen, and G. N. Williams, "Effect of knee position on quadriceps muscle force steadiness and activation strategies," *Muscle Nerve*, vol. 43, no. 4, pp. 563–573, Apr. 2011, doi: 10.1002/mus.21981.
- [21] K. Golovchyn, "Set of X-Ray Skeleton Human Body – hands, legs, chests, heads, vertebra, bones adult people roentgen front back side view. 3D realistic flat blue color Vector illustration of medical anatomy isolated stock illustration [Illustration]," Nov. 14, 2022, *iStock*. Accessed: May 13, 2025. [Online]. Available: <https://www.istockphoto.com/vector/set-of-x-ray-skeleton-human-body-hands-legs-chests-heads-vertebra-bones-adult-gm1441410637-481121234?clarity=false>
- [22] M. Friedman, "The Use of Ranks to Avoid the Assumption of Normality Implicit in the Analysis of Variance," *J Am Stat Assoc*, vol. 32, no. 200, pp. 675–701, 1937, doi: 10.2307/2279372.
- [23] F. Wilcoxon, "Individual Comparisons by Ranking Methods," *Biometrics Bulletin*, vol. 1, no. 6, pp. 80–83, 1945, doi: 10.2307/3001968.
- [24] Y. Benjamini, A. M. Krieger, and D. Yekutieli, "Adaptive Linear Step-up Procedures That Control the False Discovery Rate," *Biometrika*, vol. 93, no. 3, pp. 491–507, 2006, doi: 10.1093/biomet/93.3.491.
- [25] H. Sadeghi, P. Allard, F. Prince, and H. Labelle, "Symmetry and limb dominance in able-bodied gait: a review," *Gait Posture*, vol. 12, no. 1, pp. 34–45, 2000, doi: 10.1016/S0966-6362(00)00070-9.
- [26] M. M. Samson, A. Crowe, P. L. de Vreede, J. A. G. Dessens, S. A. Duursma, and H. J. J. Verhaar, "Differences in gait parameters at a preferred walking speed in healthy subjects due to age, height and body weight," *Aging Clin Exp Res*, vol. 13, no. 1, pp. 16–21, 2001, doi: 10.1007/BF03351489.

- [27] E. Simonsen, "Contributions to the understanding of gait control," University of Copenhagen, Copenhagen, 2014.
- [28] M. Hora, L. Soumar, H. Pontzer, and V. Sládek, "Body size and lower limb posture during walking in humans," *PLoS One*, vol. 12, no. 2, Feb. 2017, doi: 10.1371/journal.pone.0172112.
- [29] T. R. Derrick, "The effects of knee contact angle on impact forces and accelerations," *Med Sci Sports Exerc*, vol. 36, no. 5, p. 832—837, May 2004, doi: 10.1249/01.mss.0000126779.65353.cb.
- [30] C. A. Fukuchi, R. K. Fukuchi, and M. Duarte, "Effects of walking speed on gait biomechanics in healthy participants: A systematic review and meta-analysis," Jun. 27, 2019, *BioMed Central Ltd.* doi: 10.1186/s13643-019-1063-z.
- [31] L. Hak *et al.*, "Speeding up or slowing down?: Gait adaptations to preserve gait stability in response to balance perturbations," *Gait Posture*, vol. 36, no. 2, pp. 260–264, Jun. 2012, doi: 10.1016/j.gaitpost.2012.03.005.

EVALUACION DEL DESARROLLO INFANTIL EN NIÑOS PREESCOLARES EN UNA INSTITUCIÓN PREESCOLAR

Rosa María Baltazar Téllez¹, Emanuel Cano Valdez, José Arias Rico¹, María Luisa Sánchez Padilla¹, Esther Ramírez Moreno¹, Eva María Molina Trinidad¹ y Olga Rocío Flores Chavez¹

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
rosa_baltazar@uaeh.edu.mx

RESUMEN

El desarrollo neurológico infantil es un proceso de vital importancia en los primeros años de vida, ya que establece las bases para el aprendizaje y determina el crecimiento cognitivo, emocional, social y motor. Evaluar el neurodesarrollo permite la detección e intervención temprana de posibles alteraciones, permitiendo mitigar riesgos y promover estrategias para potenciar el bienestar y éxito a largo plazo. Durante la infancia, el cerebro experimenta cambios acelerados, que se pueden ver sesgados por diferentes factores, como el medio ambiente, agresión de cualquier tipo, falta de estimulación temprana. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Humano menciona que la estimulación temprana es una herramienta que desarrolla y potencia las funciones del cerebro desde el vientre materno favoreciendo el desarrollo cognitivo, lingüístico, motriz, por lo que, identificar oportunamente algún déficit cognitivo permite acceder a un diagnóstico más certero y tratamiento oportunos, garantizando su bienestar y mejorando sus oportunidades de desarrollo. Este estudio se centra en identificar y clasificar el nivel de neurodesarrollo que presentan los niños, a través de la evaluación de diferentes áreas, lenguaje, conocimiento, motricidad gruesa y fina, con la finalidad de reconocer y abordar los factores de riesgo a tiempo y prevenir dificultades en el futuro. Estudio, longitudinal, con enfoque cuasiexperimental, a partir de un pretest y un posttest. Se utilizó el instrumento "Prueba de Evaluación del Desarrollo Infantil" (EDI) el cual consta de 15 ítems diseñados para detectar tempranamente problemas de neurodesarrollo, este se divide en cinco áreas de desarrollo, cada área presenta 3 ítems los cuales son evaluados de manera dicotómica, este fue aplicado en los meses de febrero y marzo del 2024, a 26 niños con rango de edad de entre 3 -4 años, del preescolar de Pachuca Hidalgo. La evaluación del desarrollo infantil también incluye la capacidad de comunicación verbal ya que esto les permite un desarrollo adecuado con el entorno, que de acuerdo a los resultados obtenidos podemos observar que el 76.2% tiene un desarrollo adecuado del lenguaje. Es fundamental el desarrollo de la motricidad fina y gruesa ya que esto les permite a los niños adquirir independencia 96.15% tiene un desarrollo normal. Las habilidades sociales son primordiales en esta etapa ya que les permite interactuar adecuadamente con los demás y adaptarse a diferentes entornos, 92.3% se relacionan adecuadamente con su entorno. Detectar oportunamente posibles rezagos o dificultades en el desarrollo facilita intervenciones oportunas que promuevan un desarrollo integral e individualizado de acuerdo a las necesidades de cada niño, para así garantizar un desarrollo óptimo, prevenir complicaciones futuras y favorecer un aprendizaje exitoso, sentando bases sólidas para el bienestar, el éxito escolar y personal del niño.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo infantil en la etapa preescolar constituye una fase crítica en la formación integral del ser humano, ya que durante estos primeros años de vida se consolidan las bases cognitivas, lingüísticas, motoras, emocionales y sociales que influirán significativamente en el aprendizaje y comportamiento futuro del niño. La evaluación del desarrollo infantil permite identificar el progreso de los niños en estas áreas clave, así como detectar posibles retrasos o alteraciones que requieran intervenciones oportunas.

En el contexto de las instituciones preescolares, la evaluación sistemática del desarrollo infantil es fundamental para adaptar las estrategias pedagógicas a las necesidades particulares de cada niño, promover una atención educativa de calidad y garantizar el derecho a un desarrollo pleno. Diversos estudios han demostrado que una detección temprana de dificultades en el desarrollo contribuye significativamente a mejorar los pronósticos a largo plazo, especialmente cuando se implementan intervenciones adecuadas en contextos educativos inclusivos.

En este sentido, la prueba de Evaluación del Desarrollo Infantil (EDI) constituye una herramienta confiable y de fácil aplicación para la identificación de problemas neurológicos y de desarrollo en niños desde los 30 días de vida hasta los cinco años. Esta prueba evalúa cinco dominios fundamentales del desarrollo: motricidad fina, motricidad gruesa, desarrollo del lenguaje, desarrollo social y desarrollo del conocimiento. La EDI fue desarrollada en México por un grupo de expertos en pediatría, neurología pediátrica y psicología, con el objetivo de ofrecer un instrumento accesible y científicamente validado que permita a profesionales de la salud y la educación intervenir de manera oportuna y efectiva.

TEORÍA

El desarrollo humano es un proceso mediante el cual una sociedad mejora las condiciones de vida de sus miembros, promoviendo el bienestar individual y colectivo a través del acceso a bienes esenciales y el respeto a los derechos humanos. En este contexto, el desarrollo infantil ocupa un lugar crucial, ya que constituye una etapa determinante en la formación de las capacidades físicas, cognitivas, lingüísticas, emocionales y sociales del ser humano.

El desarrollo infantil integral se entiende como un proceso interactivo y progresivo de maduración que resulta de la influencia de factores biológicos, sociales, históricos y culturales. Este desarrollo abarca diversas áreas interrelacionadas: motricidad fina y gruesa, lenguaje, cognición y aspectos socioemocionales. Desde la teoría del desarrollo cognitivo de Jean Piaget, se reconocen cuatro etapas secuenciales en la evolución del pensamiento infantil: sensomotriz (0-2 años), preoperacional (2-7 años), operaciones concretas (7-11 años) y operaciones formales (11 años en adelante), cada una caracterizada por logros específicos que permiten al niño interactuar y adaptarse a su entorno de forma cada vez más compleja.

En la primera infancia, la estimulación temprana se convierte en una herramienta esencial para potenciar el desarrollo de estas habilidades. Esta consiste en proporcionar al niño experiencias estructuradas, repetitivas y significativas que fortalezcan sus capacidades físicas, intelectuales, emocionales y sociales desde etapas muy tempranas, incluso desde el vientre materno. Su objetivo no es acelerar procesos para los que el niño no está preparado, sino reconocer y promover su potencial de forma respetuosa y adecuada a su etapa de desarrollo.

Diversos autores coinciden en que la estimulación temprana debe abarcar cinco áreas clave: motricidad gruesa (movimientos amplios del cuerpo), motricidad fina (precisión y coordinación de manos y dedos), lenguaje (comprensión y expresión verbal), cognición (razonamiento, memoria y resolución de problemas) y desarrollo socioemocional (vínculos afectivos, autoestima e interacción social). Estas áreas pueden observarse y fortalecerse mediante el juego, la exploración libre, la interacción verbal, y el acompañamiento afectivo de los padres o cuidadores.

La importancia de una detección oportuna de alteraciones en el neurodesarrollo es fundamental, especialmente en contextos de vulnerabilidad donde los niños están expuestos a factores de riesgo como la pobreza, desnutrición o escasa estimulación. Herramientas como la Evaluación del Desarrollo Infantil (EDI), diseñada en México por especialistas en pediatría, neurología pediátrica y psicología, permiten identificar tempranamente dificultades en áreas clave del desarrollo. Esta prueba, confiable y de fácil aplicación, evalúa a niños desde los 30 días hasta los cinco años en cinco dominios esenciales: motricidad fina, motricidad gruesa, lenguaje, desarrollo social y del conocimiento.

El desarrollo infantil sano implica la maduración progresiva de habilidades motoras, cognitivas, sociales y lingüísticas. Por ejemplo, entre los 2 y 4 años, el niño debe mostrar avances significativos en coordinación motora, construcción de frases, juego simbólico, control emocional y socialización. A través de la interacción con su entorno, el niño aprende a comprender su realidad, desarrollar un pensamiento lógico y adaptarse a nuevas situaciones. El rol activo de los padres, educadores y profesionales es clave para facilitar este proceso de forma respetuosa, estimulante y consciente del ritmo individual de cada niño.

PARTE EXPERIMENTAL

Estudio cuasiexperimental con enfoque en la variable independiente el cual resulta pertinente y adecuado para observar el impacto de la Evaluación del Desarrollo Infantil (EDI) en niños preescolares, especialmente cuando se pretende intervenir mediante estrategias de estimulación temprana dirigidas por un profesional en enfermería.

Este tipo de diseño permite evaluar cambios o efectos en el desarrollo infantil al aplicar una intervención, sin que necesariamente se cuente con un control absoluto sobre todas las variables externas ni con una asignación aleatoria de los participantes a los grupos. Aun así, permite establecer relaciones causales tentativas entre la variable independiente (la aplicación de la estimulación temprana basada en los resultados de la EDI) y los resultados observables en las áreas del desarrollo evaluadas.

El estudio tiene como finalidad comprobar si la intervención realizada, guiada por los resultados de la EDI, produce mejoras significativas en el desarrollo motriz, cognitivo, lingüístico, social y emocional de los niños preescolares. Al ser aplicado y evaluado por un profesional en enfermería, se asegura no solo una ejecución adecuada del proceso de estimulación temprana, sino también un seguimiento clínico riguroso y contextualizado, ya que estos profesionales poseen formación integral en el área de salud infantil, desarrollo neurológico y promoción del bienestar.

Además, este enfoque permite que la investigación tenga un alto grado de aplicabilidad en entornos reales como lo es una institución educativa, y abre la posibilidad de mejorar prácticas institucionales de evaluación e intervención en el desarrollo infantil. Así, los resultados del estudio podrán contribuir a fundamentar científicamente el rol del profesional de enfermería en la promoción del desarrollo infantil temprano mediante intervenciones efectivas, accesibles y contextualizadas a las necesidades de la población.

La población a estudiar fueron niños de entre 3 y 4 años de edad que se encuentren en el Preescolar del Instituto Cedrus en Pachuca Hgo, a los que durante los meses de febrero y marzo se les aplicó la "Prueba de Evaluación del Desarrollo Infantil (EDI)" que fue diseñada por Schaas L. y validada por Rizzoli A. et Hospital Infantil de México Federico Gómez (2015). Esta prueba presenta una sensibilidad del 81 % y especificidad del 61% para la detección temprana de problemas en el neurodesarrollo.

El instrumento evalúa 5 áreas de desarrollo, cada área presenta como mínimo 3 ítems evaluados de manera dicotómica. La clasificación por colores en la evaluación del desarrollo infantil permite identificar el estado del niño según su edad cronológica:

Verde (Desarrollo normal): El niño alcanza los hitos esperados para su edad en todas las áreas, sin señales de alarma ni anomalías neurológicas.

Amarillo (Rezago en el desarrollo): El niño no cumple con todos los hitos, aunque el retraso no es grave; puede haber factores de riesgo o señales de alerta.

Rojo (Riesgo de retraso): El niño muestra un retraso significativo en los hitos del desarrollo, con señales de alto riesgo o alteraciones evidentes en la exploración neurológica.

Gracias a su sensibilidad y aplicabilidad en el contexto mexicano, el EDI contribuye significativamente a la implementación de intervenciones tempranas que favorecen el desarrollo pleno y saludable de los niños.

RESULTADOS

El instrumento de investigación fue aplicado a 26 niños, cuyo objetivo principal es la detección temprana de alteraciones del desarrollo infantil, evaluando de manera integral diversas áreas del neurodesarrollo en niños de 30 días a cinco años, facilitando la identificación oportuna de señales de alarma y factores de riesgo.

Una vez aplicado el instrumento y haber recolectado la información deseada, se realizó la captura de datos en el sistema estadístico SPSS, para la codificación de variables de frecuencias y porcentajes de medidas de tendencias central como lo es: la frecuencia para análisis de medidas y desviación estándar en relación a la moda, media y mediana representada, mediante tablas y gráficos.

Los resultados permitieron comprobar la hipótesis de investigación mediante la prueba de rangos con signos de Wilcoxon, la cual evidenció una diferencia significativa entre las dos muestras analizadas. En la primera fase se identificaron riesgos de retraso y rezago en el neurodesarrollo, mientras que, en la tercera fase, tras la intervención, se observó un avance en los niños, confirmando una mejora significativa con un nivel de confianza estadísticamente relevante.

Área de Desarrollo: Motricidad gruesa

Los datos obtenidos reflejan un alto nivel de desarrollo motor grueso en los niños preescolares evaluados, con mejoras notables entre la primera y tercera fase. El 96.15% de los niños presenta desarrollo normal en motricidad gruesa tras la tercera evaluación, lo que representa una mejora respecto a la primera fase, donde algunos aún presentaban riesgo. Las habilidades motoras evaluadas (equilibrio, coordinación y fuerza) evolucionaron favorablemente, lo que sugiere eficacia en la intervención y un buen pronóstico en el desarrollo físico general del grupo.

Área de Desarrollo: Motricidad fina

Los resultados de la evaluación de motricidad fina entre la primera y tercera fase muestran avances importantes, consolidando un desarrollo adecuado en la mayoría del grupo. La mayoría de los niños evaluados alcanzaron un nivel óptimo de desarrollo en motricidad fina al finalizar la tercera fase. Se destaca un avance notorio en habilidades como el dibujo y la coordinación manual, fundamentales para su desarrollo escolar. Si bien persisten algunos casos aislados en riesgo, el 96.15% del grupo presenta un desarrollo normal, lo que refleja una intervención efectiva y un progreso significativo en esta área del neurodesarrollo.

Área de Desarrollo: Lenguaje

El desarrollo del lenguaje en los niños evaluados muestra una tendencia positiva, se encontró que, el 76.92% tiene un desarrollo normal, especialmente en las habilidades expresivas básicas y narrativas. No obstante, la habilidad de hacer preguntas frecuentes como “¿por qué?” sigue siendo un punto a fortalecer, ya que indica el inicio del razonamiento verbal y la curiosidad cognitiva. Aun con esta observación, el grupo en general mantiene niveles altos de desarrollo normal, lo cual es un indicador alentador para su etapa preescolar.

Área de Desarrollo: Social

La evaluación del desarrollo social en los niños preescolares, comparando la primera y tercera fase, evidencia una mejora general en las habilidades sociales esperadas para su edad, se identificó que 92.30% tiene un desarrollo normal.

La mayoría de los niños presentan un desarrollo normal en las habilidades evaluadas, y los casos en riesgo disminuyeron en la tercera fase. Esto refleja un progreso favorable, como resultado de intervenciones educativas.

El mantenimiento de niveles óptimos en habilidades como ir al baño solo demuestra un desarrollo consolidado, mientras que el juego simbólico y la autonomía en el vestir también muestran mejora significativa.

Área de Desarrollo: Conocimiento

En relación a la clasificación del desarrollo infantil del total de niños preescolares, se encontró que el 76.92% presenta rezago. Tras la intervención los resultados reflejaron una mejora general, en donde destaca el progreso en el reconocimiento de números, mientras que la habilidad narrativa ya estaba completamente desarrollada en el grupo. No se registraron casos de riesgo de retraso en la tercera fase, lo que indica un avance favorable en el desarrollo cognitivo de los niños evaluados.

CONCLUSIONES

La prueba de tamizaje de neurodesarrollo para la Evaluación del Desarrollo Infantil (EDI) se confirmó como un instrumento fidedigno y eficaz para identificar oportunamente el rezago y riesgo de retraso en el desarrollo infantil. Los resultados obtenidos en este estudio evidencian el impacto positivo de las intervenciones dirigidas, especialmente en aquellos niños que, durante la primera fase de evaluación, presentaron una clasificación en color amarillo (rezago) y rojo (riesgo de retraso). Gracias a la estimulación en áreas específicas, la mayoría logró avanzar a una clasificación verde (desarrollo normal) en la tercera fase, lo cual demuestra la efectividad de la intervención temprana.

Asimismo, se identificó una diferencia significativa en función del género: los niños del sexo masculino presentaron mayor riesgo de rezago en la primera evaluación. No obstante, tras las intervenciones, se observó una mejora progresiva, logrando igualar el nivel de desarrollo normal alcanzado por las niñas en la reevaluación.

En consecuencia, este estudio respalda la importancia de promover la estimulación temprana durante los primeros años de vida, como una herramienta clave para favorecer el desarrollo óptimo de las habilidades físicas, cognitivas y psicosociales en la población infantil. Esto no solo mejora su calidad de vida, sino que también contribuye al desarrollo integral desde la primera infancia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Campos, L. Neurociencias, Educación y Desarrollo. Aspectos fundamentales de los programas de estimulación temprana y sus efectos en el desarrollo de los niños de 0 a 6 años. 2020. Volumen Núm. 4 Pag.5. Disponible en: Aspectos fundamentales de los programas de estimulación temprana y sus efectos en el desarrollo de los niños de 0 a 6 años | RECIMUNDO
2. UNESCO. Campaña Latinoamericana para el Derecho de la Educación. Declaración de Tashkent para Transformar la Atención y Educación de la Primera infancia. 15 nov. 2022. Disponible en: La atención y educación de la primera infancia como derecho humano - Clade (redclade.org)
3. Janet Aguilar G., Estimulación Temprana. 2021. UNAM Global Revista. Disponible en: Estimulación temprana - UNAM Global
4. Instituto de Salud Cerebral y de Neurorrehabilitación Guttman. Retraso en el Desarrollo. 2019. Disponible en: <https://barcelona.guttmann.com/es/especialidad/retraso-en-el-desarrollo>
5. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Humano (PNUPD). Enero 2022. Disponible en: Catalogo 2022 versión web (3).pdf (undp.org)
6. Antonio Rizzoli Córdoba. Manual para la Aplicación de la Prueba de Evaluación del Desarrollo Infantil (EDI). 2021. Segunda edición. Pág. 42-43 y 99-102. Disponible en: Manual para la Aplicación de la Prueba EDI | Centro Nacional para la Salud de la Infancia y Adolescencia | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx)

IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS EN LA ROPA DE SEGUNDA MANO DE LOS MERCADOS DE CDMX Y EDO. MÉX EN EL AÑO 2025

Abisay Villanueva Bailón, María Maricela Carrasco Yépez, Daniela Lizeth Flores López, Lizbeth Ruiz Salinas, Jessica Lizbeth Sánchez Briones, Dinora Valadez Díaz.

Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.
abisayvillanuevs@gmail.com

RESUMEN

La ropa forma parte importante de nuestro día a día ya que, está en estrecho contacto con nuestra piel y su higiene juega un papel importante en la salud. Muchas personas compran y usan ropa de segunda mano debido a diversos factores económicos, sociales y culturales. Este hecho pone en riesgo la salud de los consumidores debido a la exposición con agentes bacterianos, fúngicos, virales y parasitarios que se encuentran en la tela.¹ En nuestro país, la actividad de compra y venta de ropa usada es una práctica que se ha venido generalizando en la sociedad, independientemente de las razones se busca satisfacer la necesidad de vestido de manera adecuada.

El diseño de esta investigación fue de tipo preexperimental, longitudinal, prospectivo, observacional y comparativo. Se recolectaron ocho prendas de los tianguis más famosos del área metropolitana del Estado y la CDMX, dividida en ropa exterior e interior, se llevó a cabo una toma de muestra anterior y posterior a su lavado y secado; se colocó la muestra con todas las medidas de bioseguridad en dos tipos de medio de cultivo, se incubaron y se analizaron los resultados con ayuda de la prueba estadística T Student para muestras relacionadas, evaluando la carga bacteriana.

Se obtuvo un crecimiento bacteriano en ambos medios de cultivo antes del lavado, entre 15,000 y 30,000 unidades formadoras de colonias en ambos medios de cultivo de acuerdo con el software ImageJ, permitiendo inferir que la carga es proporcional al uso anterior de la prenda e incluso al origen de esta. Por otro lado, la carga bacteriana de la ropa después del ciclo de lavado con jabón en polvo fue mayor a la anterior obteniendo entre 5,000 y hasta 45,000 unidades formadoras de colonias, de acuerdo con los resultados obtenidos de la T Student se observó un incremento de bacterias después del lavado, lo cual nos indica que solo lavar las prendas no es funcional para eliminar las bacterias, además, se encontraron nuevas colonias bacterianas como *Enterococcus*, *Staphylococcus*, *Listeria monocytogenes*, *Moraxella catarrhalis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Proteus* y otros hongos filamentosos.

El uso de la ropa de segunda mano es algo que aún no ha sido regulado, sin embargo, nuestra investigación permite exponer la carga bacteriana de las prendas incluso después del lavado con jabón en polvo, buscando prevenir la exposición a agentes patógenos causantes de enfermedades.

INTRODUCCIÓN

Se le conoce como ropa de segunda mano a aquellas prendas que previamente ya fueron usadas por alguna otra persona, pero que por diversas razones su ciclo de uso no ha terminado, siendo comercializada y reutilizada por una persona distinta a su propietario original, en muchas ocasiones son prendas que se encuentran en buen estado, sin embargo, se considera que no todos los consumidores tienen el conocimiento previo del origen y tratado de ese tipo de ropa al momento de adquirirla, puesto que, son datos que incluso el vendedor puede desconocer y son irrelevantes para su venta, ya que se comercializa mayoritariamente en el mercador informal, conocido popularmente en nuestro país como “tianguis”.

En nuestro país, la compra de ropa de segunda mano es una actividad cotidiana entre algunos miembros de la sociedad, presente en todos los estados de la república mexicana, de acuerdo con los datos de la Comisión de Salud y Asistencia Social, entre los años 2003 a 2008 se reportaron 109,764 toneladas de ropa ingresadas al país, de las cuales el 97% proviene de EUA, siendo una

de las actividades más usuales e importantes en México. Este fenómeno ocurre a razón de las condiciones socioeconómicas, la accesibilidad a este tipo de comercio y últimamente la popularización de esta actividad por moda y tendencia en los adolescentes, así como también en los adultos jóvenes.

De igual manera, los comercios que venden este tipo de ropa tienen que cumplir con ciertos requisitos estipulados por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), entre los que destacan la prohibición de la venta de ropa íntima que ya haya sido utilizada como brasieres, calzones, ropa de bebé y además la ropa proveniente de hospitales, servicios forenses y panteones.¹

En México, no se cuenta con la vigilancia adecuada en el proceso de compraventa de ropa de segunda mano, ignorando el riesgo sanitario que conlleva esta práctica cada vez más común. En 2009, la COFEPRIS emitió recomendaciones en donde se enfatiza la necesidad de desinfección, debido a la posibilidad de transmisión de infecciones dérmicas, respiratorias, de transmisión sexual entre otras, estas recomendaciones incluyen la manipulación inicial con precaución, el lavado exhaustivo, secado y planchado adecuados para evitar la exposición a microorganismos patógenos. De igual manera, el Dr. Pérez Santiago, epidemiólogo del Hospital Juárez de la Ciudad de México menciona que no solo el origen de estas prendas influye en la cantidad de microorganismos presentes, sino que también se ve influenciada por el almacenamiento y transporte prolongado, favoreciendo en la proliferación de bacterias, hongos, ácaros y otros patógenos, aumentando así, el riesgo de contraer alguna enfermedad por la exposición a estos agentes causales.²

Es de suma importancia para Enfermería tomar un papel fundamental en la educación de la población, al realizar esta investigación podemos actuar con evidencia científica en relación con esta problemática, permitiendo la creación de estrategias que aborden la prevención de enfermedades, la promoción de la higiene, reduciendo el riesgo sanitario, así como fomentar practicas seguras y responsables en el uso de ropa de segunda mano.

TEORÍA

La identificación de bacterias presentes en la ropa de paca constituye un aspecto relevante en el estudio de los riesgos sanitarios asociados con su uso. Los mercados de la Ciudad de México y el área metropolitana son regiones en donde la práctica es común, la falta de medidas adecuadas de limpieza puede facilitar la proliferación de distintos microorganismos, aunado a que son mercados con una gran densidad poblacional, lo que aumenta el intercambio de estas prendas y el aumento del riesgo ante la exposición con estos microorganismos.

Un estudio realizado en México por Zúñiga, C. et al., titulado *“Bacterias y químicos en la ropa nueva: la necesidad de lavado antes de su uso”* (2019), destaca los riesgos asociados con el uso de prendas sin lavar tras su compra. Según el artículo, la ropa atraviesa numerosos procesos y es manipulada por cientos de personas durante su fabricación, transporte y exhibición en los puntos de venta, llegando incluso a pasar por varios países antes de llegar al consumidor final. En este recorrido, las prendas pueden acumular secreciones respiratorias, sudor, flora bacteriana de la piel, fluidos vaginales y desechos orgánicos, como residuos de orina y materia fecal. Además, existe la posibilidad de que ciertos vectores, como piojos o ladillas, se adhieran a las telas. A esto se suma el hecho de que muchas personas se prueban las prendas en las tiendas sin necesariamente concretar la compra, lo que incrementa la probabilidad de contaminación.³

El estudio resalta que algunos microorganismos tienen la capacidad de sobrevivir en los tejidos durante varios meses, lo que pone de manifiesto la importancia de lavar la ropa nueva antes de usarla para reducir riesgos sanitarios y garantizar la higiene personal.

Así mismo, en el estudio *“A Microbial Survey of Second Hand Clothes Samples Collected from Baghdad Market”* realizado en 2021 en Bagdad, Irak. Se investigó la contaminación bacteriana y

fúngica en ropa de segunda mano, evaluando también la efectividad de dos tipos de detergentes en la eliminación de microorganismos. La metodología consistió en recolectar muestras de prendas en mercados locales como Algededa, Al Dora y Al Binook. Las muestras fueron tomadas de áreas específicas de la ropa mediante hisopos estériles que posteriormente se inocularon en medios de cultivo como agar nutritivo y MacConkey. Las placas se incubaron a 37°C durante 24 hrs para el aislamiento y conteo de las bacterias. Los resultados muestran una alta prevalencia de microorganismos, destacando *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*.

4

La ropa, tanto nueva como de segunda mano, puede ser portadora de una amplia variedad de microorganismos que representan un riesgo para la salud humana. Comprender la magnitud de esta problemática requiere apoyarse en investigaciones previas, que no solo revelan los tipos de bacterias presentes en las prendas, sino también los factores que contribuyen a su proliferación. Estos antecedentes son fundamentales para justificar la necesidad de estudios experimentales que profundicen en el análisis microbiológico, evalúen las condiciones de contaminación y propongan medidas de mitigación. Es debido a esto que nos planteamos como objetivo identificar las bacterias que se encuentran en la ropa de segunda mano en los mercados de la Ciudad y Estado de México, teniendo un diseño preexperimental, longitudinal, prospectivo, observacional y comparativo.

PARTE EXPERIMENTAL

Recolección de las prendas

Se recolectaron muestras de ropa de segunda mano en tres mercados de la Ciudad y Estado de México, las cuales se presentan a continuación:

Tabla1. Prendas obtenidas		
Prenda	Tipo	Talla
Top deportivo	Exterior	Adulto
Playera negra	Exterior	Adulto
Short pijama	Exterior	Adulto
Short deportivo	Exterior	Adulto
Mameluco	Exterior	Bebé
Brasier	Interior	Adulto
Calzón	Interior	Adulto
Bóxer	Interior	Adulto

Tabla1. Prendas obtenidas, elaborada por los autores, 2025.

Las prendas se colocaron en plásticas estériles inmediatamente para evitar la exposición a cualquier otro agente contaminante y se trasladó al laboratorio para su análisis.

Preparación de los medios de cultivo

La preparación de agar sangre y agar MacConkey se realizaron de acuerdo con las instrucciones del proveedor.

Aislamiento de la muestra

Las muestras fueron obtenidas frotando con hisopos estériles por partes específicas de las prendas y humedeciendo con solución salina estéril (NaCl al 0.9%), posteriormente se colocaron en tubos con 5 ml de la misma solución para ser homogeneizado.

Figura 1.



Figura 1. Homogenización de la muestra.

La inoculación se llevó a cabo en agar Sangre y en agar MacConkey por medio de la técnica de siembra por agotamiento con la ayuda de los hisopos, finalmente las cajas Petri con los inóculos se incubaron a 37°C por 48 hrs.

Figura 2.

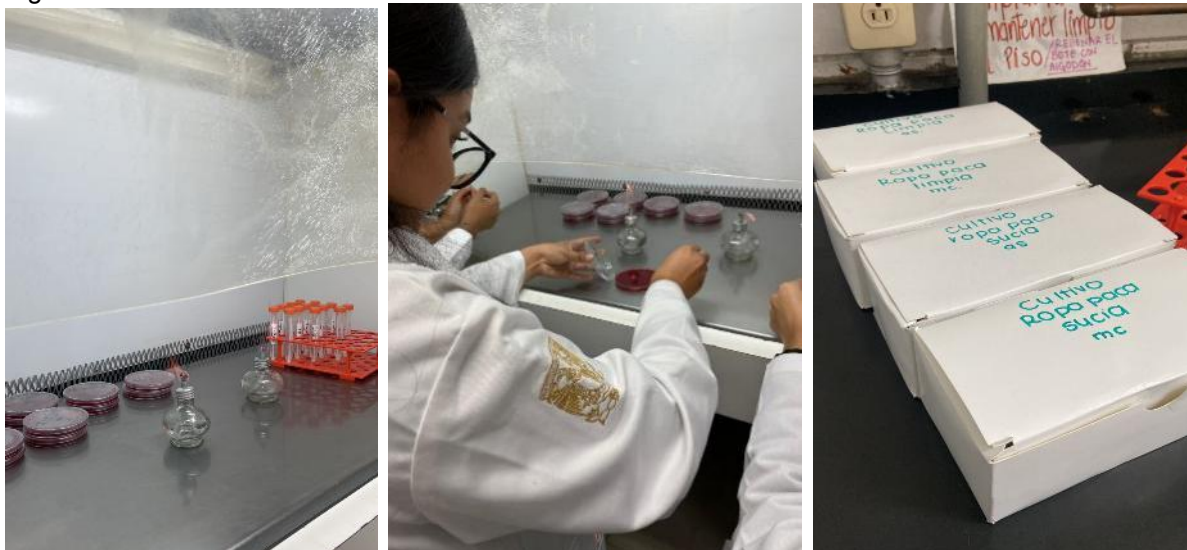


Figura 2. Inoculación en los medios de cultivo.

Conteo de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC)

El conteo total de las de bacterias se realizó gracias a su distribución en las cajas Petri, utilizando el software ImageJ Fiji versión 1.5.4, que gracias a su capacidad para analizar imágenes con alta precisión y consistiendo permite mejorar el proceso de conteo, la reproductibilidad de los resultados y optimizar el tiempo de análisis, además de que su flexibilidad para ajustar parámetros específicos asegura un conteo más confiable y adaptado a las características específicas de las colonias de cada muestra.

Figura 3.

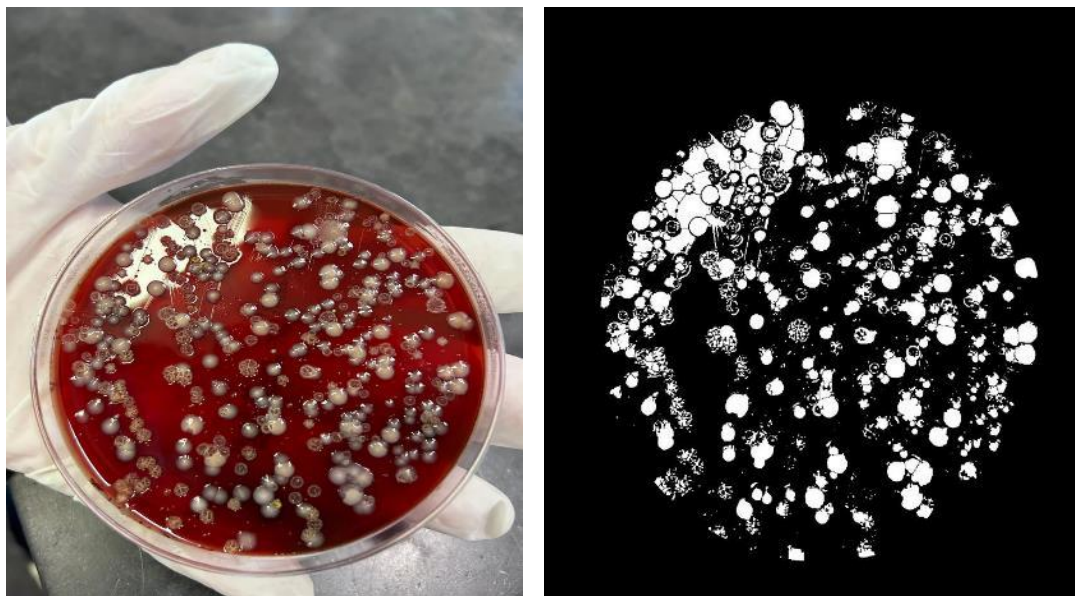


Figura 3. *Crecimiento en agar Sangre y su procesamiento en ImageJ*

Figura 4.



Figura 4. *Crecimiento en agar MacConkey y su procesamiento en ImageJ*

Identificación total de las bacterias

La identificación de las bacterias se realizó gracias a sus características morfológicas, utilizando la observación directa de las propiedades como tamaño, forma, disposición y características de tinción en la prueba de Gram.

Lavado de las prendas

Finalmente, las prendas fueron sometidas a un lavado convencional con detergente granulado y agua potable, buscando igualar el procedimiento que la mayoría de la población realiza después de comprar prendas de segunda mano. Esto se realizó para efectuar una segunda inoculación con las mismas características para poder comparar la carga bacteriana pre y post lavado.

RESULTADOS

Conteo total de las UFC

El software ImageJ Fiji nos mostró los siguientes resultados:

Tabla 2. Muestras en agar Sangre (UFC)		
Prenda	Antes del lavado	Después del lavado
Top deportivo	28330	4309
Playera negra	14382	13357
Short pijama	37085	12663
Brasier varilla	35298	24767
Brasier axilar	6261	4041
Ropa bebé	13462	13947
Calzón ingle	23252	16325
Calzón resorte	7597	35459
Short deportivo	2845	3783
Bóxer	6597	6597

Tabla 2. Muestras en agar Sangre, elaborada por los autores, 2025.

Figura 5.

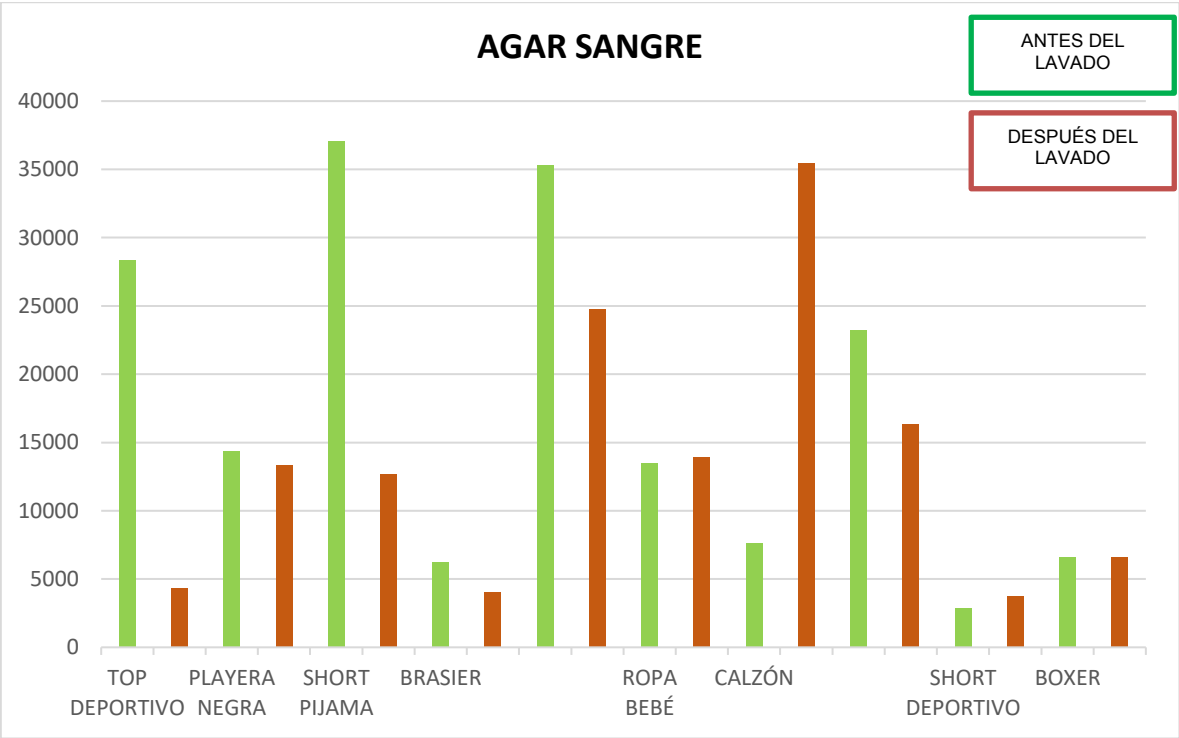


Figura 5. Conteo de UFC en agar Sangre.

Tabla 3. Muestras en agar MacConkey (UFC)		
Prenda	Antes del lavado	Después del lavado
Top deportivo	19945	43260
Playera negra	2040	11650
Short pijama	769	453
Brasier varilla	26075	19870
Brasier axilar	4560	18401
Ropa bebé	55	4445
Calzón ingle	19548	8682
Calzón resorte	48	3745
Short deportivo	25165	8134
Bóxer	48	7273

Tabla 3. Muestras en agar Sangre, elaborada por los autores, 2025.

Figura 6.

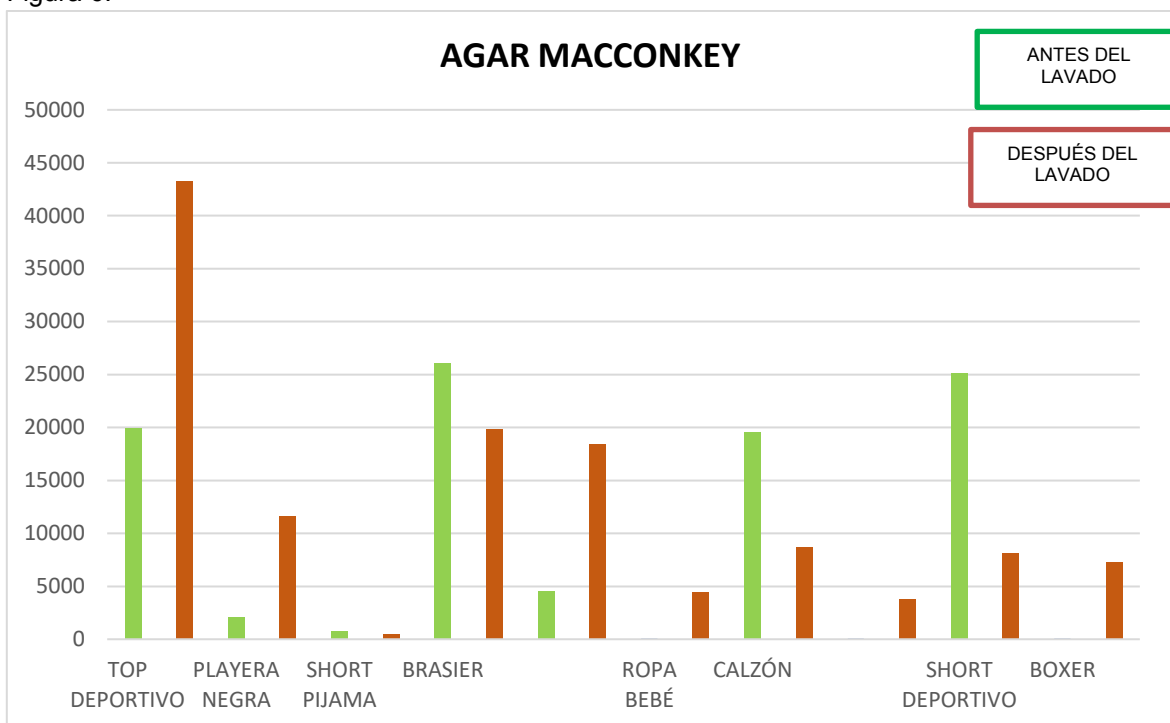


Figura 6. *Conteo de UFC en agar MacConkey*

Figura 7.

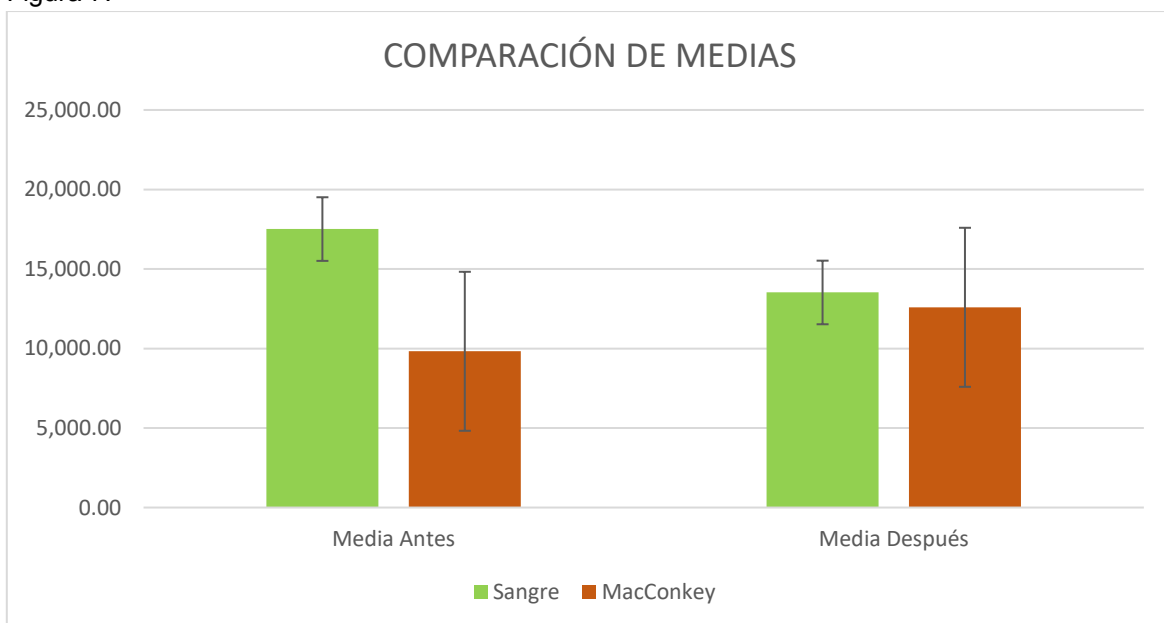


Figura 7. *Comparación de medias antes y después del lavado*

Tabla 4. Resultados de la prueba T Student para muestras emparejadas						
Tipo de agar	Estadístico t	Valor de p	Media antes	Media después	Desviación antes	Desviación después
Agar Sangre	0.855	0.415	17,510.90	13,524.80	12,626.12	10,187.45
Agar MacConkey	-0.733	0.482	9,825.30	12,591.30	11,320.09	12,398.83

Tabla 4. Resultados de la prueba T Student para muestras emparejadas, elaborada por los autores, 2025.

Identificación de las bacterias

Tabla 5. Características morfológicas de los microorganismos						
Patógeno	Prenda en la que se localizó	Tamaño	Forma	Color	Opacidad	Tinción de Gram
<i>Enterococcus</i>	Brasier, short deportivo y pijama. Ropa de bebé	0.6-2.0 x 0.6-2.5 hm	Esférica, borde circular y elevado	Gris	Opaca	Gram +
<i>Streptococcus</i>	Brasier, short deportivo, short pijama, ropa de bebé, top deportivo, bóxer y playera	≤ 2hm	Bordes puntiformes, elevaciones achatadas	Blanca grisácea	Traslúcida	Gram +
<i>Proteus</i>	Brasier	-	Bacilos cortos	Beige	Incolora	Gram -
<i>Klebsiella</i>	Brasier, top deportivo, playera, short deportivo y pijama	0.5 – 2 hm	Bacilo	Rosa	Nodular	Gram -
<i>Staphylococcus</i>	Short pijama, ropa de bebé y short deportivo	0.8 a 1.5 hm	Borde circular, elevación convexa	Blanca o amarilla	Opaca	Gram +
<i>Listeria monocytogenes</i>	Playera y bóxer	0.5-2 x 0.5 hm	Circular	Traslucida	Discoidal	Gram +
<i>Moraxella catarrhalis</i>	Bóxer, playera y short deportivo	-	Borde circular con elevación domo	Café	Opaca	Gram -
<i>Escherichia coli</i>	Bóxer	1x0.35 hm	Circular, elevación convexa y superficie brillante	Rosa	Opaca	Gram -
<i>Pseudomona</i>	Brasier	2-4 x 0.5.- 1 hm	Irregular, bacilo recto	Rosa	Incolora	Gram -

<i>Enterobacter</i>	Top deportivo	1-5 hm	Varilla	Beige	Opaca	Gram –
<i>Hongo filamentoso</i>	Bóxer	4-6 x 6-10 hm	Redondo u ovoide	Blanco, con fragmentos azules, verdes, gris olivos y tonos rosados	-	-

Tabla 5. Características morfológicas, elaborada por los autores, 2025.

Figura 8.

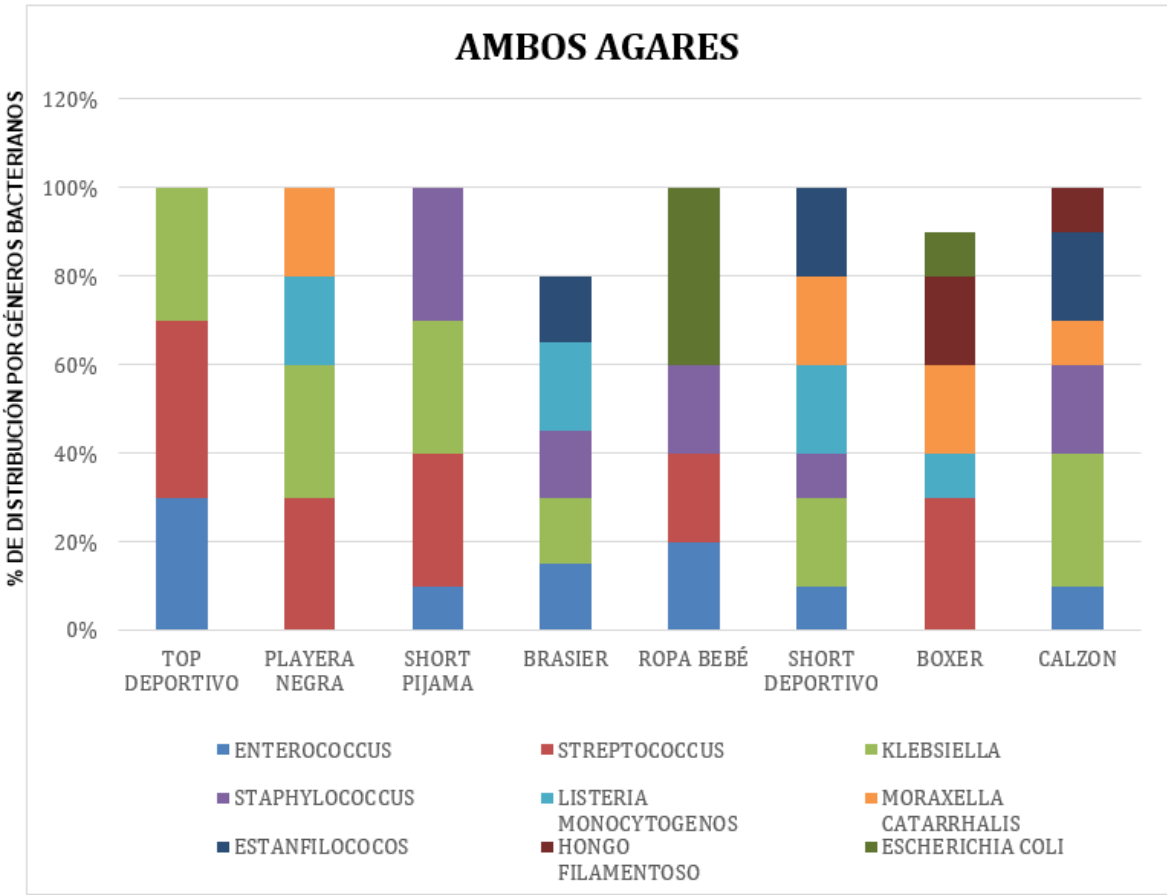


Figura 8. Porcentaje de distribución por géneros bacterianos

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian una elevada carga bacteriana en las prendas analizadas, este hallazgo podría atribuirse a las condiciones en que la ropa fue empaquetada, así como al uso previo que se les dio. Es importante mencionar que la mayoría de las prendas recolectadas presentaban condiciones deficientes, incluyendo suciedad visible, restos hematológicos y fluidos corporales, lo que resalta la falta de higiene inicial en estas prendas.

Después del análisis estadístico en caso del agar sangre las gráficas sugieren una disminución en las bacterias tras el lavado convencional, pero la alta variabilidad y el valor de p elevado indican que esta reducción no es estadísticamente significativa, por otro lado, aunque la gráfica en el caso del agar MacConkey podría mostrar un aumento, la alta variabilidad y la falta de significancia estadística limitan la interpretación concluyente. Sin embargo, podemos decir que es necesario un lavado desinfectante para poder hacer un uso seguro de la ropa de segunda mano, confirmando que es necesario un segundo método para la eliminación de estos microorganismos, como lo puede ser el planchado o el uso de otro tipo de detergente.

Es crucial resaltar que la exposición a estas bacterias representa un problema de salud pública, ya que muchas de las especies identificadas están asociadas con infecciones respiratorias, dermatológicas y gastrointestinales. En este sentido, las prendas de segunda mano podrían ser vectores de transmisión de enfermedades cuya fuente suele ser difícil de identificar, subrayando la necesidad de mayores controles sanitarios en su manejo y comercialización.

BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión de Salud y Asistencia Social. Dictamen de la Comisión de Salud y Asistencia Social del Proyecto de Decreto por el que se reforma y adiciona a la Ley de Salud del Distrito Federal [Internet]. México: Asamblea Legislativa del Distrito Federal; 2011 [citado el 29 mayo 2025]. Disponible en: <https://aldf.gob.mx/archivo-f3bc8e6c3780a6b165acdaf68320e59d.pdf>
2. Servicio de Administración Tributaria. Embarga el SAT 48.5 toneladas de ropa usada [Internet]. Ciudad de México: Gobierno de México; 2019 [citado 2025 mayo 29]. Disponible en: <https://www.gob.mx/sat/prensa/embarga-el-sat-48-5-toneladas-de-ropa-usada-034-2019?idiom=es>
3. Zúñiga, I. Millar, R. Bacterias y químicos en la ropa nueva: la necesidad de lavado antes de su uso. [Online], 2019. [citado 01 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://acortar.link/aoYqqW>
4. Hamad RA, Ali FS, Al-Shuwaikh AM. A microbial survey of secondhand clothes samples collected from Baghdad market. *Iraqi Journal of Science*. 2021;62(3):737-746.

ESTUDIO DE PREVALENCIA DE BACTERIAS AISLADAS EN PACIENTES CON COMPLICACIONES DE PIE DIABÉTICO: RESULTADOS DICIEMBRE 2023 A DICIEMBRE 2024

¹Rodrigo Díaz Balcázar ¹Judith Ayala García

¹Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
rodrigo.diaz@umich.mx

RESUMEN

El pie diabético es una complicación crónica de la diabetes mellitus que se caracteriza por la presencia de procesos ulcerativos, infecciones y neuropatía. Las infecciones en el pie diabético son una causa frecuente de hospitalización y pueden llegar a generar complicaciones graves, que a menudo termina con amputación. La etiología de las infecciones en el pie diabético es diversa, sin embargo, los microorganismos más comunes son las bacterias. El conocimiento de las especies bacterianas implicadas en estas infecciones es fundamental, para guiar y establecer el tratamiento con antibióticos y mejorar los resultados clínicos. El presente estudio se enfoca en determinar la prevalencia de las bacterias más frecuentes aisladas de heridas de pie diabético. Se realizó un estudio transversal y descriptivo. Se incluyeron un total de 80 pacientes con diagnóstico de pie diabético que presentaban heridas con signos de infección. Se tomaron muestras para cultivarlas en diferentes medios de cultivo para su recuperación y posteriores pruebas bioquímicas para lograr su identificación. Se determinó la prevalencia de las bacterias más frecuentes. Resultados: Se estudiaron 80 pacientes con heridas de pie diabético. El 65% presentó bacterias y el 35% un cultivo negativo pudiéndose atribuir a bacterias anaerobias. Las bacterias que se pudieron aislar las más frecuentes fueron *Staphylococcus aureus* (30%), *Pseudomonas aeruginosa* (35%), *Escherichia coli* (25%) y *Enterococcus faecalis* (10%). Se concluye que los pacientes con úlceras de larga evolución y aquellos que habían recibido tratamiento antibiótico previo presentaron una mayor prevalencia de infección por *Pseudomonas aeruginosa* y otras bacterias Gram negativas. Las bacterias más frecuentes aisladas de heridas de pie diabético son un problema creciente en estas infecciones, es importante recalcar que en pacientes con estos signos de pie diabético si no se llegan a aislar bacterias se debe a la presencia de bacterias anaerobias que son las implicadas en procesos necróticos y su aislamiento es muy complejo.

INTRODUCCIÓN

El pie diabético es una complicación crónica de la diabetes mellitus que se caracteriza por la presencia de procesos ulcerativos, infecciones y neuropatía. Las infecciones en el pie diabético son una causa frecuente de hospitalización y pueden llegar a generar complicaciones graves, que a menudo termina con amputación ⁽¹⁾. La etiología de las infecciones en el pie diabético es diversa, sin embargo, los microorganismos más comunes son las bacterias. El conocimiento de las especies bacterianas implicadas en estas infecciones es fundamental, para guiar y establecer el tratamiento con antibióticos y mejorar los resultados clínicos ⁽²⁾. La diabetes mellitus (DM) constituye uno de los desafíos urgentes en materia de salud pública a nivel mundial, la prevalencia continúa en aumento que parece no detenerse, asociado íntegramente con diversas complicaciones de tipo crónico que impactan directamente en la calidad de vida de los pacientes generando a su vez una considerable carga económica tanto para los familiares como para los servicios de salud ^(3,4). Las complicaciones de DM afectan aparatos y sistemas, la hiperglucemia crónica es uno de los factores etiológicos más importante en el desarrollo de las complicaciones, repercute tanto la duración de la hiperglucemia como la intensidad de la misma, condicionando así la aparición de neuropatía diabética.

Esta patología es la más frecuentemente implicada en el desarrollo y evolución del pie diabético ⁽³⁾. En la mayoría de los casos se presenta como neuropatía sensitiva periférica, que tiene como resultado la pérdida de sensibilidad en extremidades inferiores, es por esto que los pacientes no tienen la capacidad sensitiva de sentir pequeños golpes o traumatismos que poco a poco van

condicionando a la formación de procesos ulcerativos de lenta cicatrización. La presión inadecuada en alguna zona plantar o la ejercida por el calzado, lo que da lugar a la formación de callosidades y deformidades con el consiguiente riesgo de ulceración y posteriormente infecciones⁽⁵⁾.

Las infecciones en las lesiones del pie diabético son un factor crítico que conduce a complicaciones graves, en las que se incluye la amputación, sepsis e incluso la muerte. Las enfermedades infecciosas polimicrobianas son muy comunes en estos casos, donde una gran variedad de microorganismos están involucrados. La identificación precisa de los agentes etiológicos y sus patrones de resistencia antimicrobiana resultan indispensables y fundamentales para el tratamiento adecuado del proceso infeccioso mejorando así el pronóstico y reduciendo las complicaciones⁽⁴⁾.

TEORÍA

La prevalencia y distribución de los diferentes especímenes bacterianos aislados en pacientes con complicaciones de pie diabético pueden variar significativamente por diferentes factores como geográficos, características de la población estudiada, la gravedad o estadio del proceso infeccioso, los tratamientos con los antibióticos y su eficacia o resistencia, las prácticas de atención médica y como último factor la higiene aplicada en los procesos ulcerativos por parte del paciente^(1,6). Por lo tanto, es crucial realizar estudios de prevalencia a nivel local para comprender el panorama microbiológico específico y optimizar las estrategias de tratamiento.

Los pacientes con úlceras crónicas frecuentemente desarrollan infecciones de tipo polimicrobianas, existen otro tipo de pacientes que además del proceso infeccioso han tenido la necesidad de recibir atención intrahospitalaria y terminan por adquirir microorganismos con multirresistencias como *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina (SARM), estafilococos coagulasa negativos (ECN), enterococos, enterobacterias como *Escherichia coli* productoras de betalactamasas de espectro extendido (BLEE), bacilos gramnegativos no fermentadores como *Pseudomonas aeruginosa* productoras de biofilm y levaduras como *Candida albicans*^(3,5). La infección en pacientes diabéticos representa una complicación grave, aunque en la mayoría de las infecciones inician como superficiales, un 25 % de ellas pueden extenderse a los tejidos más profundos, llegando incluso a afectar el hueso^(1,7). Es importante recalcar que una úlcera infectada en el pie precede al 60 % de las amputaciones. El tratamiento adecuado con antibióticos en las infecciones de pie diabético necesita un conocimiento profundo de la patogenia de la lesión, con mención de cepas productoras de biofilm, así como los microorganismos involucrados.

Resulta primordial la selección del antibiótico adecuado, teniendo como base la susceptibilidad, pero también la resistencia debido a los diferentes mecanismos⁽⁷⁾. La complicación infecciosa más importante de las Infecciones en pie diabético (IPD), es la osteomielitis, la cual se define como infección del hueso y está presente en aproximadamente un 20% de los casos de pacientes. Este porcentaje que aumenta el riesgo de amputación de la extremidad, que es una de las complicaciones de más difícil abordaje. La osteomielitis de pie diabético (OPD) por lo general ocurre a través de una diseminación por continuidad que comienza a partir de una IPD previa, afectando el tejido blando circundante hasta llega a hueso⁽⁴⁾.

PARTE EXPERIMENTAL

El objetivo del trabajo es determinar la prevalencia de las bacterias más frecuentes aisladas de heridas de pie diabético. Se realizó un estudio transversal y descriptivo.

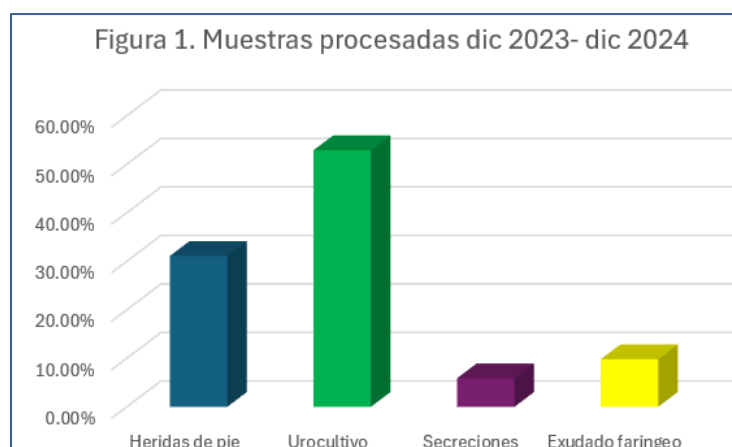
Se procesaron las muestras que cumplieron con los criterios de selección, en los cuales se incluyeron todas aquellas muestras provenientes de pacientes clínicamente diagnosticados con pie diabético por especialistas en el área quien previamente bajo consentimiento informado y cumpliendo con toda la normativa, realizaron las tomas de muestras de los pacientes, una vez recolectadas las muestras

se remitieron al laboratorio para realizar estudios microbiológicos durante el periodo de tiempo comprendido de diciembre 2023 a diciembre 2024 en laboratorio Clínico Microbiológico privado de Moroleón Gto.,

De las 255 muestras remitidas en ese periodo se excluyeron 175 que no cumplieron con los requisitos quedando un total de 80 pacientes con diagnóstico de pie diabético que presentaban heridas con signos de infección, una vez aplicando los criterios y separando las muestras aceptadas y rechazadas se procedió a sembrarlas en los diferentes medios de cultivo como: gelosa sangre, gelosa Mac Conkey, gelosa Sal y Manitol, se incubaron durante 24 horas a $35 \pm 2^\circ\text{C}$., y atmósfera de CO_2 al 5%. Después del periodo de incubación se realizó la Tinción Gram. Dependiendo del resultado de la tinción Gram se aplicaron diferentes pruebas para lograr identificar géneros y especies bacterianas involucradas en el proceso infeccioso, una vez que identificó la bacteria se realizaron pruebas de susceptibilidad antimicrobiana. Finalmente, se llevó a cabo el procesamiento estadístico de los datos obtenidos para calcular la prevalencia.

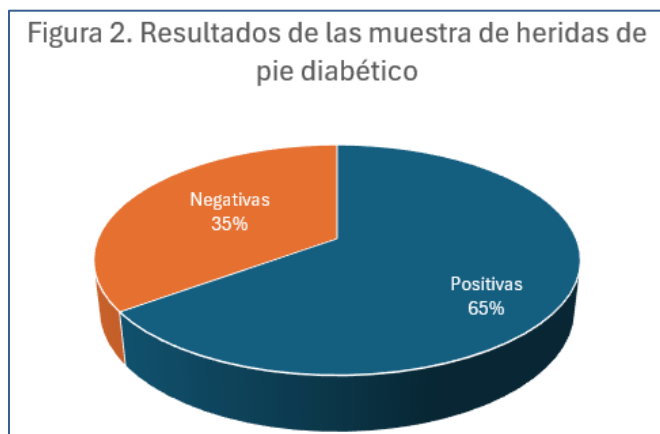
RESULTADOS

En el periodo comprendido de análisis se atendieron aproximadamente 255 muestras de las cuales solo las de 80 pacientes son relacionados con pie diabético con proceso infeccioso, en la figura 1 se muestra el tipo de muestras procesadas y las que se analizaron.



Fuente: Elaboración propia de los datos obtenidos.

De las 80 muestras que se procesaron, el 65% (52) resultaron positivas para la presencia de diferentes bacterias como se observa en la figura 2, y en el 35% que corresponde 28 muestras negativas las cuales se pudieran atribuir a bacterias anaerobias, este tipo de bacterias son de difícil aislamiento, por lo que, los médicos se basan más en la clínica que presenta el paciente.



Fuente: Elaboración propia de los datos obtenidos

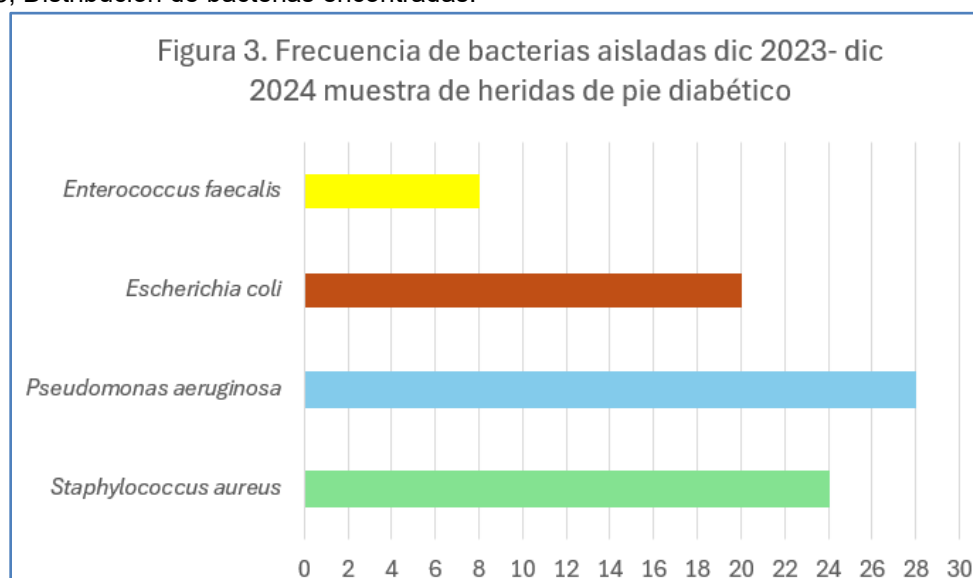
En la tabla 1 y figura 3, se muestran las bacterias que se pudieron aislar e identificar con mayor frecuencia:

Tabla 1. Microorganismos más frecuentes encontrados.

Número de muestras	Bacteria identificada
18	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
16	<i>Staphylococcus aureus</i>
13	<i>Escherichia coli</i>
5	<i>Enterococcus faecalis</i>

Fuente: Elaboración propia de los datos obtenidos.

Figura 3, Distribución de bacterias encontradas.



Fuente: Elaboración propia de los datos obtenidos.

De forma puntual se puede decir que la prevalencia para el caso de *Staphylococcus aureus* está presente en 30 personas de 100 pacientes que solicitan cultivo de herida de pie diabético, para *Pseudomonas aeruginosa*, su prevalencia es de cada 100 personas con cultivo de herida de pie diabético 35 presentan esta bacteria. La prevalencia de *Escherichia coli* es de cada 100 pacientes 25 presentan esta bacteria y en el caso de *Enterococcus faecalis* 10 pacientes presentan esta bacteria por cada 100 pacientes que solicitan la muestra, las prevalencias de periodo descritas anteriormente representan el tiempo analizado de dic 2023 a dic 2024 con los pacientes que presentaron la condición de ser pie diabético y muestras de heridas.

CONCLUSIONES

Realizando comparaciones con estudios realizados en otros países o incluso en diferentes estados y municipios de nuestro país, la prevalencia de los distintos microorganismos es diferente, cada país, estado y/o municipios posee ciertas características únicas para que esa diversidad microbiana se presente, sabemos de alguna manera que es multifactorial los estadios infectivos en los procesos ulcerativos. Sin embargo, cabe destacar que existe una condición predominante y universal en los pacientes analizados. Ya que en todos los casos el paciente cursaba con hiperglicemia crónica que conlleva a la aparición de otra complicación conocida como neuropatía periférica que condiciona a la aparición de procesos ulcerativos de difícil cicatrización y exposición de microorganismos oportunistas encontrados en microbiota o en el ambiente.

Otros de los factores importantes implicados en el desarrollo de la complicación del pie diabético, es el tipo de atención que recibe el paciente y el lugar donde la recibe, si el paciente requiere hospitalización por la gravedad que manifiesta el proceso, se genera una predisposición a la adquisición de microorganismos ambientales que viven en los hospitales y que sus características son distintas, ya que generalmente desarrollan mecanismos de multirresistencia y por último, la orientación que se le brinda al paciente sobre los cuidados que debe llevar y la higiene que es un punto determinante que en ocasiones el paciente no las realiza adecuadamente.

Se destaca que los pacientes con úlceras de larga evolución y aquellos que habían recibido tratamiento antibiótico previo presentaron una mayor prevalencia de infección por *Pseudomonas aeruginosa* seguido de otras bacterias Gram negativas y Gram positivas que también son importantes identificar para que los tratamientos tengan un efecto positivo y los pronósticos sean favorables en la recuperación del proceso infeccioso.

REFERENCIAS

1. Gabriel Seguel. ¿Por qué debemos preocuparnos del pie diabético? Revista Medica de Chile. 2013 Noviembre; 141(11).
2. Espinoza Tavera Alejandro, Hernández Gracia Guillermo, Cantú Ramírez Rubén Celerino, Díaz López Arely, Ávila Aguilar Selene, García García Edgar. Prevalencia y perfil de resistencia a antibióticos de microorganismos aislados de infecciones en pie diabético. CienciaUAT. 2014 Julio/Diciembre; 9(1).
3. Castaño, María del Carmen Angulo. Pie diabético: revisión bibliográfica. Revista Electrónica de PortalesMedicos.com. 2023 Enero 19; XVIII(2): p. 72.
4. Gabriela V. Carro, Elsa Carlucci, Graciela Priore, Fernando Gette, María De Los Ángeles Llanos, María Victoria Dicatarina Losada, María Laura Noli, Pablo S. Amato. Infecciones en pie diabético. Elección del tratamiento antibiótico empírico. Medicina (B. Aires). 2019 Junio; 79(3): p. 167-173.

5. Cascante Serrano Daniel, Segura Retana Elvira, Ramírez Cardoce Manuel. Infecciones óseas en el Pie Diabético: reporte de la microbiología. Acta Médica Costarricense. 2021 Oct/Dic; 63(4).
6. Barberán, José. Infecciones en el pie diabético: importancia de las resistencias bacterianas. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. 2009 Junio; 27(6).
7. Viadé Julià Jordi, Longa López John, Nicolás Piera María, Sabrià Leal Miquel, Lladó Vidal. Abordaje global del paciente con pie diabético: Una revisión. Revista de la Facultad de Medicina Humana. 2024 Abril; 24(2).

DEPRESIÓN Y SU ASOCIACIÓN CON EL NIVEL DE RESILIENCIA, EN ADOLESCENTES EMBARAZADAS DEL HOSPITAL MATERNO PERINATAL MÓNICA PRETELINI SÁENZ, EDO. MEX.

Imelda García Argueta¹, Marcela Hernández Sánchez¹, Martha Liliana Palacios Jaimes¹ Guadalupe Irasema González Díaz ²

¹Universidad Autónoma del Estado de México, ²Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini
imega1205@gmail.com

RESUMEN

El embarazo adolescente es un problema de salud pública a nivel mundial. De acuerdo a la OCDE, México ocupa el primer lugar a nivel mundial, el problema se asocia a sentimientos de rechazo y depresión; la depresión se relaciona a un comportamiento de salud deficiente, que implica un problema ante las complicaciones propias del embarazo. La resiliencia se refiere al aprendizaje y a la adaptación de una persona ante un evento adverso, la resiliencia favorece la calidad de vida. Las recomendaciones de la OMS sobre la construcción de sistemas de salud resilientes, aborda la importancia del desarrollo de la resiliencia. El objetivo del estudio fue analizar la asociación entre depresión y nivel de resiliencia en adolescentes embarazadas. Fue un estudio de tipo observacional, transversal, prospectivo y analítico; con una muestra no probabilística por conveniencia, en la cual participaron 101 adolescentes; se utilizó la escala de depresión posparto de Edimburgo con $\alpha=0.965$ y cuestionario de resiliencia para niños y adolescentes González Arratia, para medir niveles de resiliencia, el cual cuenta con un $\alpha=0.9192$. Algunos de los resultados encontrados fueron que en el 22.8% de las pacientes se detectó depresión; 56.5% de la población con resiliencia alta y 43.5% resiliencia moderada; el 76.3% tenían 17 a 19 años, de las cuales el 16% presentó depresión y 75% resiliencia moderada; 96% no trabajaba de estas 21% con depresión y 90.5% resiliencia moderada; 77% contaba con secundaria y bachillerato, de estas 20% con depresión y 65% resiliencia moderada; 83.2% en unión libre de estas 22.8% con depresión y 60.9% resiliencia moderada. Al aplicar la prueba estadística de Chi cuadrado dio como resultado: 11.9, con un p valor de 0.05 y nivel de confianza 95%, por lo que se interpretó como asociación estadísticamente significativa entre las dos variables depresión y nivel de resiliencia; se observó que el nivel de resiliencia alta tuvo un efecto protector para la depresión; las edades de las adolescentes embarazadas que con más frecuencia presentaron depresión y resiliencia moderada fue de 17 y 19 años, la gran mayoría de las adolescentes no trabajan, viven en unión libre, tienen secundaria y bachillerato y en estas se presentó depresión y resiliencia moderada; aunado a lo anterior se encontró que las adolescentes viven en un contexto con relaciones de género inequitativas, lo que representa una barrera para detección oportuna de depresión; aunado a lo anterior, se observó que a la gran mayoría de las adolescentes no se les da consejería ni se les ayuda a desarrollar resiliencia. Por lo anterior se concluye que es necesario monitorear la presencia de depresión en las adolescentes como parte del protocolo de atención que normalmente reciben, con la finalidad de incluir la atención a los casos de depresión e implementar estrategias de reforzamiento para mejorar la calidad de vida tanto de las madres adolescentes como de los recién nacidos.

INTRODUCCIÓN

El embarazo adolescente es un fenómeno social de causas multifactoriales, en el que están asociados grandes cambios físicos y emocionales, presión social, baja escolaridad, desinformación, abandono escolar, pobreza, madres ausentes y amigas con conductas de riesgo (1). En México se ha reportado una prevalencia de depresión del 9% al inicio del embarazo y del 13.8% a las seis semanas de embarazo, se considera uno de los predictores más fuertes de la depresión posparto y se asocia a comportamientos de salud deficiente, con mayor probabilidad de tener parto prematuro, bajo peso al nacer, desnutrición, así como, inhibir la capacidad de la mujer para realizar sus actividades diarias, generando efectos negativos tanto para la madre como para el recién nacido, lo cual se ve reflejado en su calidad de vida (2). Las enfermedades de salud mental

constituyen una epidemia silenciosa con depresión y ansiedad como dos de las principales causas de discapacidad en humanos actualmente (3).

La depresión materna (prenatal) representa un problema de salud pública, ante las complicaciones que pueden desarrollarse a causa de este padecimiento (4, 5). La depresión se considera un trastorno tratable, pero, seis de cada diez personas que la padecen en América Latina no buscan o no reciben el tratamiento que necesitan, además de afectar a la persona que lo padece, también afecta a su entorno familiar y comunitario; debido a las bajas tasas de detección,

En adolescentes, la presencia de síntomas depresivos es frecuente (entre el 11% y el 30% según un estudio realizado en España 2018); por otra parte, casi el 50% de adolescentes de 15 años con cuadros subclínicos o leves de depresión progresan a trastorno depresivo mayor a los 20 años y más del 70% persisten con la depresión leve; la depresión es uno de los trastornos mentales más importantes, causa de incapacidad y alta probabilidad de generar el suicidio (6, 7).

Por su parte, la resiliencia es la forma personal en la que el individuo afronta y logra superar los retos y situaciones adversas de la vida cotidiana. Durante el embarazo, la resiliencia juega un papel determinante para el manejo de la depresión por lo que su detección oportuna y las estrategias dirigidas a mejorar la resiliencia podrían coadyuvar a evitar los problemas adicionales y más complejos.

TEORÍA

Contexto epidemiológico del embarazo adolescente

Los adolescentes representan un segmento muy importante de la población mexicana; de acuerdo al Consejo Nacional de Población (CONAPO) en el año 2020 el 25.5% de la población total del país fueron adolescentes con un total de 32.6 millones (8). La adolescencia, es una etapa de vida en la cual suceden grandes cambios que terminan por conformarse en la etapa adulta. Los hábitos que se formen durante esta etapa, serán hábitos presentes durante la etapa adulta y muchos de ellos tendrán un impacto directo sobre su salud.

López P. (2021) refiere que el embarazo en una adolescente es un fenómeno social de causas multifactoriales, en el que están asociados edades de grandes cambios físicos y emocionales, presión social, baja escolaridad, desinformación, abandono escolar, pobreza, madres ausentes y amigas con conductas de riesgo (1).

El embarazo adolescente es un fenómeno que ha cobrado importancia en los últimos años debido a que México ocupa el primer lugar entre los países que pertenecen a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), con una tasa de fecundidad de 77 nacimientos por cada mil adolescentes de 15 a 19 años; esto es un problema que afecta negativamente la salud de las jóvenes, pero que viene con otros efectos negativos en la vida de la persona como son el abandono escolar y la disminución del acceso a oportunidades recreativas, sociales y laborales (7).

Datos interesantes de Aburto Arciniega refieren que en 2019 la edad promedio de la primera relación sexual entre las adolescentes fue de 17.5 años; 59.4% de las adolescentes usó algún método anticonceptivo en su primera relación sexual y el resto no utiliza ningún tipo método anticonceptivo (1). La maternidad temprana es 1.6 veces más frecuente entre las adolescentes indígenas que en las que no lo son y 1.7 veces más frecuente en las zonas rurales que en las grandes ciudades. En el año 2020 la mayoría de los nacimientos en menores de 15 años ocurría entre las adolescentes de 14 años con un 82.7%, seguido por las niñas de 13 años con el 14.2% de los nacimientos, las adolescentes de 12 años con el 2.4% de los nacimientos y a los 11 años el 0.7% de los nacimientos, estos datos indican que prácticamente los nacimientos están sucediendo en las adolescentes de entre 12 y 14 años de edad (9).

El embarazo en la adolescencia puede ocasionar serios problemas de salud tanto para la adolescente como para el bebé, debido a la inmadurez biológica y psicológica de la madre que incrementa la posibilidad de sufrir complicaciones durante el embarazo, parto y puerperio (7). El embarazo adolescente se ha asociado con grupos sociales en condiciones inadecuadas de salud, educación y alta vulnerabilidad, así como con factores como: pobreza, malnutrición y desigualdad de género; estos últimos incrementan aún más los riesgos y dificultades que experimentan estas adolescentes que se embarazan (10).

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de las Mujeres (marzo 2022) entre los factores asociados al problema del embarazo adolescente están: la menarca precoz, falta de plan de vida, impulsividad, tener múltiples parejas sexuales y la primera relación sexual a edad temprana, no usar condón en la primera experiencia, el consumo de drogas, desarrollo puberal temprano, historia de abuso sexual, poca atención de los padres y desinformación; entre las consecuencias del embarazo adolescente, está la deserción escolar lo que facilita tener un mayor número de hijos, desempleo, fracaso en la relación de pareja, ingresos inferiores de por vida, lo que contribuye inconscientemente a perpetuar el ciclo de la pobreza, esto también desequilibrio entre la madurez fisiológica- biológica, con impacto en el área psicológica por el manejo de la responsabilidad de ser madre, así como sus consecuencias médicas (11).

El desequilibrio físico y emocional que existe en este problema es importante, ya que se asocia con sentimientos de rechazo, abandono y soledad, mientras que las expectativas en cuanto al rol materno y la crianza de los hijos las ponen en verdadera desventaja y muchas de ellas padecen depresión y baja autoestima (11).

A las condiciones de vida más desventajosas para la adolescente, el embarazo se suma como un evento que fomentará la exclusión social y las relegará a una precaria situación como parte de un círculo vicioso alimentado por la pobreza y la falta de oportunidades, donde lo último que importa es el autocuidado de la salud.

Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud (2022) refiere que las personas con depresión pueden padecer varios síntomas, por ejemplo: pérdida de energía, cambio en el apetito, dormir más o menos horas, ansiedad, concentración reducida, indecisión, inquietud, sentimientos de inutilidad, culpa o desesperanza y algunos pueden presentar pensamientos de automutilación o suicidio (18). Por lo cual, es de esperarse que los bebés nacidos de madres con depresión no cuenten con la atención necesaria para un crecimiento y desarrollo saludables.

Resiliencia

La resiliencia es la forma en la que el individuo afronta y logra superar los retos y situaciones adversas de la vida cotidiana. La resiliencia se puede entender como una fuerza interna que se puede desarrollar a partir de referentes familiares o amigos cercanos como modelos de resiliencia, aunque otras personas han encontrado el camino por sí solas; luchar contra situaciones adversas, experimentar el fracaso y no darse por vencidos permite desarrollar habilidades para enfrentar los diferentes retos de la vida. Las personas resilientes no solo son capaces de sobreponerse a las adversidades, sino que utilizan esas situaciones para crecer y desarrollar al máximo su potencial, lo que implica modificar esquemas mentales y utilizar los recursos psicológicos a las nuevas circunstancias (12).

Páez Cala (2020) habla sobre la resiliencia y dice que esta se refiere al aprendizaje y transformación permanentes que aportan a la persona la capacidad para recuperarse de una crisis y adaptarse a la realidad, lo que favorece la calidad de vida y el logro de un bienestar integral a nivel físico.

Bocoña Iglesias (2006) señala que a las características que permiten que el individuo tenga un resultado adaptativo ante la vida, se les consideran factores protectores y favorecedores de

resiliencia, cuyos elementos pueden ser: emocional, motivacional, intelectual, la interacción y la estructura sociales (14).

En el proceso salud-enfermedad afectan muchos factores pues las personas están en permanente interacción consigo mismos, con los otros y con el entorno, adaptándose y encontrando el equilibrio entre factores externos (físicos, biológicos y psicosociales), internos (funcionamiento fisiológico y estructura mental), sociales y del ambiente material en el que viven (19).

Por lo anterior, cabe mencionar que, durante el embarazo, la resiliencia juega un papel determinante para el manejo de la depresión por lo que su detección oportuna y las estrategias dirigidas a mejorar la resiliencia podrían coadyuvar a evitar problemas adicionales más complejos.

PARTE EXPERIMENTAL

El presente estudio fue de tipo observacional, transversal, prospectivo y analítico. La investigación se enfocó en la depresión y la resiliencia en pacientes adolescentes embarazadas de 12-19 años de edad independientemente de la edad gestacional del Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz. Se entrevistaron a pacientes de manera directa e individual para identificar la presencia de depresión, no con fines diagnósticos sino de detección. Se registró el nivel de resiliencia y aspectos sociodemográficos de cada participante como: nivel educativo, edad, estado civil, tipo de familia, lugar de residencia y situación laboral. Los datos obtenidos se clasificaron y capturaron en Excel para su análisis mediante estadística descriptiva a partir de medidas de tendencia central, frecuencias y porcentajes para elaborar cuadros y gráficas. Para determinar la asociación entre las variables principales se utilizó estadística inferencial mediante la prueba estadística de Chi cuadrado de independencia (15).

Los criterios de inclusión para la selección de la población de estudio fueron: embarazadas adolescentes entre 12 y 19 años de edad, que solicitaron atención en el hospital materno perinatal Mónica Pretelini Sáenz; que aceptaron participar en el estudio y firmar el consentimiento informado.

Como instrumentos de investigación se emplearon: la Escala de depresión posparto de Edimburgo. (The Royal College of Psychiatrists 1987. Translated from Cox, JL, Holden JM & Sagovsky R. (1987) y el Cuestionario de resiliencia para niños y adolescentes de González Arratia, 2011 para identificar los niveles de resiliencia.

La Escala de depresión posparto de Edimburgo, consta de 10 ítems con respuesta politómica con cuatro opciones de respuesta (16).

La interpretación del instrumento se realizó bajo los siguientes parámetros:

Puntuación ≥ 10 Con Depresión. Cualquier número resultado que no sea el 0 en la pregunta 10 significaría que era necesario hacer evaluaciones adicionales de inmediato.

En el caso del cuestionario de resiliencia para niños y adolescentes de González Arratia, L. F. N. I. 2011, consta de 32 ítems con respuesta politómica (cinco opciones de respuesta). Puntuación: mínima 32, máxima 160 (17). Los niveles de resiliencia se consideraron a partir de la siguiente puntuación:

Resiliencia baja: 32 a 74 puntos.

Resiliencia moderada: 75 a 117 puntos.

Resiliencia alta: 118 a 160 puntos.

La Escala de depresión posparto de Edimburgo, presenta una sensibilidad y especificidad altas, con valores de $Se = .770$ y $Sp = .965$ lo que indica un alto nivel de precisión en la detección de depresión en mujeres embarazadas en entornos de bajos recursos y poblaciones homogéneas (31).

El Cuestionario de resiliencia para niños y adolescentes de González Arratia, L. F. N. I. 2011, fue diseñado con un criterio de pesos factoriales superiores a .40 y con un mínimo de tres reactivos por factor se

obtuvo una confiabilidad de la prueba total a través de Alpha de Cronbach $\alpha = .9192$. Con base en estos resultados, se considera que el instrumento para la medición de la resiliencia es válido y confiable, se puede contestar en 20-30 minutos (18).

La aplicación de los instrumentos de investigación se realizó de manera directa a la población en estudio en las instalaciones del hospital. No hubo límite de tiempo para responder la entrevista, pero el tiempo aproximado de aplicación fue de 20-30 minutos.

Las implicaciones éticas y bioéticas del estudio estuvieron apegadas a Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial considerando los principios éticos para investigación en seres humanos de la 64ª Asamblea General, Fortaleza, Brasil, octubre 2013.

Asimismo, lo correspondiente en la Ley General de Salud en los artículos que refieren los principios del derecho a la protección de la salud.

Se aseguró el anonimato de las pacientes, la confidencialidad de las respuestas y el uso de la información. Fue un estudio de participación totalmente voluntaria respaldado con el consentimiento informado; sin costo y sin riesgo para la integridad y salud de la población en estudio, sin discriminación de ninguna índole, represalias o condiciones para la atención en caso de negarse a participar en el estudio.

Las pacientes tuvieron la información necesaria para comprender el objetivo del estudio y decidir libremente su participación; asimismo, tuvieron la libertad para continuar o retirarse del estudio en cualquier momento que lo decidiera.

RESULTADOS

Se incluyeron 101 embarazadas adolescentes que acudieron al Hospital Materno Perinatal “Mónica Pretelini Sáenz” a consulta externa y al servicio de urgencias (pacientes en pródromos de trabajo de parto o sin trabajo de parto activo y sin complicaciones).

El 77% de las pacientes estudiadas presentaron edades entre 17 a 19 años, el 58% de las mismas provenientes de la ciudad de Toluca, 96% de ellas mencionaron que no tenían trabajo; 56% refirió tener estudios de secundaria. Un 71% de las pacientes en estudio comentaron pertenecer a familia nuclear. El 84% vivía en unión libre.

Se observó que del total de la población estudiada el 22.8% presentó depresión y el 81.1% resiliencia alta, en tanto que el 18.8% resultó con resiliencia moderada. No se encontró resiliencia baja.

Para determinar la asociación estadística entre las variables de Depresión y Resiliencia se calculó la prueba de Chi cuadrado de independencia dando como resultado 11.9 con un p valor de 0.05 y nivel de confianza del 95%, por lo que se rechazó la Hipótesis nula, encontrando asociación estadísticamente significativa entre las variables de estudio. Al aplicar el coeficiente de V de Cramer, para conocer el grado de asociación entre las variables, el resultado fue de $V=0.34$, es decir que la asociación que existió entre las variables fue moderada; el coeficiente Phi calculado fue de 0.34, esto se traduce en una asociación positiva, es decir el aumento en el número de pacientes con nivel de resiliencia moderada aumentó también la presencia de depresión; la prueba el Odds Ratio, para determinar la fuerza de asociación entre la depresión y resiliencia, dio como resultado un OR de 0.17, esto que indicó que la presencia de nivel de resiliencia alta tuvo un efecto protector para la ocurrencia de depresión en adolescentes embarazadas.

**Depresión y nivel de resiliencia en adolescentes embarazadas,
Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz.**

NIVEL RESILIENCIA DEPRESIÓN	ALTA		MODERADA		TOTAL	
	F	%	F	%	F	%
SIN DEPRESIÓN	69	68.3	9	8.9	78	77.2
CON DEPRESIÓN	13	12.9	10	9.9	23	22.8
TOTAL	82	81.2	19	18.8	101	100.0

Fuente: Concentrado de datos.
Notas aclaratorias: F- Frecuencia, %-Porcentaje.
Prueba Estadística. Chi Cuadrado de Independencia (Chi=11.9). |

El grupo de población de 17 a 19 años presentaron el mayor porcentaje de depresión en un 15.8% y resiliencia moderada en 12.8%. Con respecto a la situación laboral, se observó que el 96% del total de la muestra no tenía trabajo, de estas el 20.8% presentaron depresión y 18.8% resiliencia moderada.

En cuanto al nivel educativo, se observó que el 55.5% de muestra ostentó nivel secundaria y el 26.7% bachillerato (completo o incompleto), las pacientes con nivel secundaria presentaron depresión en un 10% y resiliencia moderada en un 7%, las pacientes con nivel Bachillerato mostraron depresión en un 9.9% y resiliencia moderada en 5.9%.

**Depresión y situación laboral de la población de estudio,
Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz.**

SITUACIÓN LABORAL DEPRESIÓN	TRABAJA		NO TRABAJA		TOTAL	
	F	%	F	%	F	%
SIN DEPRESIÓN	2	2	76	75.2	78	77.2
CON DEPRESIÓN	2	2	21	20.8	23	22.8
TOTAL	4	4	97	96	101	100

Fuente: Concentrado de datos.
Notas aclaratorias: F- Frecuencia, %-Porcentaje. |

**Nivel de resiliencia y situación laboral de la población de estudio,
Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz.**

SITUACIÓN LABORAL NIVEL DE RESILIENCIA	TRABAJA		NO TRABAJA		TOTAL	
	F	%	F	%	F	%
ALTA	4	4	78	77.2	82	81.2
MODERADA	0	0	19	18.8	19	18.8
TOTAL	4	4	97	96	101	100

Fuente: Concentrado de datos
Notas aclaratorias: F- Frecuencia, %-Porcentaje.

**Depresión y nivel educativo de la población de estudio,
Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz.**

NIVEL EDUCATIVO	PRIMARIA INCOMPLETA		PRIMARIA COMPLETA		SECUNDARIA INCOMPLETA		SECUNDARIA COMPLETA		BACHILLERATO INCOMPLETO		BACHILLERATO COMPLETO		ESTUDIO PROFESIONAL		TOTAL	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
DEPRESIÓN																
SIN DEPRESIÓN	3	3	6	5.9	19	18.8	27	26.7	12	11.8	5	5	6	5.9	78	77.2
CON DEPRESIÓN	0	0	3	3	4	4	6	6	4	4	6	5.9	0	0	23	22.8
TOTAL	3	3	9	8.9	23	22.8	33	32.7	16	15.8	11	10.9	6	5.9	101	100

Fuente: Concentrado de datos.

Notas aclaratorias: F- Frecuencia, %-Porcentaje.

**Nivel de resiliencia y nivel educativo de la población de estudio,
Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz.**

NIVEL EDUCATIVO	PRIMARIA INCOMPLETA		PRIMARIA COMPLETA		SECUNDARIA INCOMPLETA		SECUNDARIA COMPLETA		BACHILLERATO INCOMPLETO		BACHILLERATO COMPLETO		ESTUDIO PROFESIONAL		TOTAL	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
NIVEL DE RESILIENCIA																
ALTA	0	0	6	5.9	20	19.8	29	28.7	16	15.8	5	5	6	5.9	82	81.2
MODERADA	3	3	3	3	3	3	4	4	0	0	6	5.9	0	0	19	18.8
TOTAL	3	3	9	8.9	23	22.8	33	32.7	16	15.8	11	10.9	6	5.9	101	100

Fuente: Concentrado de datos.

Notas aclaratorias: F- Frecuencia, %-Porcentaje.

En cuanto al tipo de familia, se observó que el 70.3% de las adolescentes pertenecían a familias de tipo nuclear y 17.9 % de familia extensa, de las pacientes de familia nuclear presentaron depresión en un 6.9% y resiliencia moderada en un 10.9%; las que pertenecían a familias de tipo extenso mostraron depresión en un 12.9% y resiliencia moderada en 4%.

En relación al estado civil, se encontró que el 83.2% del total de la muestra se encontró en unión libre; de estas el 22.8% presentaron depresión y 13.9% resiliencia moderada

**Depresión y tipo de familia de la población de estudio,
Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz.**

TIPO DE FAMILIA	NUCLEAR		EXTENSA		RECONSTRUIDA		NUMEROSA		MONOPARENTAL		TOTAL	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
DEPRESIÓN												
SIN DEPRESIÓN	64	63.4	5	5	1	1	4	4	4	4	78	77.2
CON DEPRESIÓN	7	6.9	13	12.9	2	2	0	0	1	1	23	22.8
TOTAL	71	70.3	18	17.9	3	3	4	4	5	5	101	100

Fuente: Concentrado de datos.

Notas aclaratorias: F- Frecuencia, %-Porcentaje.

**Nivel de resiliencia y tipo de familia de la población de estudio,
Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz.**

TIPO DE FAMILIA NIVEL DE RESILIENCIA	NUCLEAR		EXTENSA		RECONSTRUIDA		NUMEROSA		MONOPARENTAL		TOTAL	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
ALTA	60	59.4	14	13.9	1	1	2	2	5	5	82	81.2
MODERADA	11	10.9	4	4	2	2	2	2	0	0	19	18.8
TOTAL	71	70.3	18	17.9	3	3	4	4	5	5	101	100

Fuente: Concentrado de datos.

Notas aclaratorias: F- Frecuencia, %-Porcentaje.

**Depresión y estado civil de la población de estudio,
Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz.**

ESTADO CIVIL DEPRESIÓN	SOLTERA		CASADA		UNION LIBRE		TOTAL	
	F	%	F	%	F	%	F	%
SIN DEPRESIÓN	8	7.9	9	8.9	61	60.4	78	77.2
CON DEPRESIÓN	0	0.0	0	0.0	23	22.8	23	22.8
TOTAL	8	7.9	9	8.9	84	83.2	101	100.0

Fuente: Concentrado de datos.

Notas aclaratorias: F- Frecuencia, %-Porcentaje.

**Nivel de resiliencia y estado civil de la población de estudio,
Hospital Materno Perinatal Mónica Pretelini Sáenz.**

ESTADO CIVIL NIVEL DE RESILIENCIA	SOLTERA		CASADA		UNION LIBRE		TOTAL	
	F	%	F	%	F	%	F	%
ALTA	6	5.9	6	5.9	70	69.3	82	81.2
MODERADA	2	2	3	3	14	13.9	19	18.8
TOTAL	8	7.9	9	8.9	84	83.2	101	100

Fuente: Concentrado de datos.

Notas aclaratorias: F- Frecuencia, %-Porcentaje.

CONCLUSIONES

Se observó una asociación estadísticamente significativa y positiva entre la depresión y el nivel de resiliencia y que la resiliencia alta tuvo un factor protector para la ocurrencia de depresión en adolescentes embarazadas. Adicionalmente se encontró que a mayor edad es más frecuente la depresión y nivel de resiliencia moderada en las embarazadas adolescentes. Se advirtió que un gran número de adolescentes embarazadas no trabajan, tienen como nivel educativo secundaria y viven en unión libre, por lo que se infiere que aún existe un contexto con relaciones de género inequitativas, lo que representa un estado de vulnerabilidad para la presentación de depresión.

Asimismo, la depresión fue más frecuente en pacientes que provienen de tipo de familia extensa. Por último y debido a que la mayoría de las adolescentes embarazadas se encuentran con poca información acerca de la depresión y su sintomatología, que además no se les da consejería ni se les ayuda a desarrollar resiliencia y que también ignoran dónde pueden conseguir ayuda, se infiere que aún existen barreras importantes para la detección oportuna de depresión.

Es necesario monitorear la presencia de depresión en las adolescentes como parte del protocolo de atención que normalmente reciben, con la finalidad de incluir la atención a los casos de depresión e implementar estrategias de reforzamiento para mejorar la calidad de vida tanto de las madres adolescentes como de los recién nacidos

BIBLIOGRAFÍA

1. López P. Embarazo adolescente, grave problema social. Órgano Informativo de la Universidad Nacional Autónoma de México. Gaceta UNAM. Septiembre 2021.
2. CENETEC. Prevención, diagnóstico y manejo de la depresión prenatal y postparto en el primer y segundo niveles de atención. Guía de Práctica Clínica: Evidencias y Recomendaciones. Guía de Referencia 2021.
3. Ignacio Zarragoitia A. Depresión Generalidades y Particularidades. Editorial Ciencias Médicas. La Habana 2011. Pp 3-35.
4. Organización Mundial de la Salud. Día Mundial de la Salud Mental: la depresión es el trastorno mental más frecuente. Informe 9 de octubre de 2012. [citado abril 2022]. Disponible en: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=73 05:2012-dia-mundial-salud-mental-depresion-trastorno-mental-mas-frecuente&Itemid=1926&lang=es
5. Instituto Nacional De Salud Pública. Analizan la depresión posparto y la depresión materna en México. Cuernavaca, Morelos. México. 26 agosto 2020 [citado abril 2022]. Disponible en: <https://www.insp.mx/avisos/4137depresionpospartomx.html#:~:text=A%20nivel%20mundial%20se%20estima%20que%20la%20prevalencia,otra%20etapa%20de%20su%20vida%20%28%205%2C%207%29>. Álvarez A. et al. Frecuencia de depresión posparto en pacientes de dos clínicas de medicina familiar en México. Archivos de Medicina Familiar, Facultad de Medicina, UNAM. 2008. Vol.9. No 4. Pp 133-136.
6. Grupo Interinstitucional para la Prevención del Embarazo en Adolescentes. Estrategia Nacional para la Prevención del Embarazo en Adolescentes (ENAPEA). Secretaría de Salud. Informe 2019. México, Distrito Federal.
7. Fondo de Población de las Naciones Unidas. Consecuencias socioeconómicas del embarazo adolescente en México. Agosto 2020. Informe de Situación. Pp 1-24

8. Echarri Cánovas C. J. Interseccionalidad de las desigualdades de género en México. Consejo Nacional de Población y Entidad de las Naciones Unidas para la Igualdad de Género y el Empoderamiento de las Mujeres. Ciudad de México. 1a Edición junio 2020.
9. Heredia V. et al. El embarazo en la adolescencia, causas y consecuencias desde el ámbito psicológico. Revista Polo Conocimiento. Edición Núm. 13. Vol. 2. No. 11. Noviembre 2017. Pp. 189-200.
10. Secretaria de Salud. Estrategia Nacional para la Prevención del Embarazo en Adolescentes. Instituto Nacional de las Mujeres. 22 de diciembre de 2021 [citado marzo 2022]. Disponible en: <https://www.gob.mx/inmujeres/acciones-y-programas/estrategia-nacional-para-la-prevencion-del-embarazo-en-adolescentes-3345>
11. Amar Amar J. et al. Nuevo abordaje de la salud considerando la resiliencia. Artículo de Reflexión. Salud Uninorte. Barranquilla. Vol. 29. No 1. 2013. pp 124-
12. Becoña Iglesias E. Resiliencia: Definición, Características y Utilidad Del Concepto. Facultad de Psicología, Universidad de Santiago de Compostela. Revista de Psicopatología y Psicología Clínica. 2006. Vol. 11. No.3. pp 125-146.
13. Rafael A. Salud Pública y medicina Preventiva. Manual Moderno. 3a edición. pp 3-40.
14. Martínez M. et al. Metodología de la Investigación para el área de la Salud. 2a Edición. 2013. Mc Graw Hill Education. México, Distrito Federal. Pp.47-62.
15. CENETEC. Catalogo Maestro de Guías de Práctica Clínica SSA-161-09. Diagnóstico y Tratamiento del Trastorno Depresivo. Guía de Referencia Rápida. 2009.
16. González Arratia, López Fuentes N. I. Resiliencia y personalidad en niños y adolescentes, Cómo desarrollarse en tiempos de crisis. 2a Edición. Diseño y producción editorial: Eón. Impreso y hecho en México. Agosto 2016. Pp. 11-147
17. Jill J. Detección de la Depresión. American Medical Association. Vol. 315. No.4. 2016. Pp 1-2
18. Organización Mundial de la Salud. Depresión: hablemos dice la OMS. 30 de marzo de 2017 [citado marzo 2022]. Disponible en: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=13102:depressionletstalksayswhoasdepressiontopslstofcausesofillhealth&Itemid=1926&lang=es
19. Lozada L. México país de resiliencia. Milenio. el 1 de junio de 2014. Sección Opinión.[citado marzo2022]. Disponible en: <https://www.milenio.com/opinion/luis-lozada-leon/opinion/mexico-pais-de-resiliencia>

REVISIÓN SOBRE LA EFICACIA DE ANTIPARASITARIOS EN UN MODELO MURINO DE TRICHINELLOSIS

Karla Mariana Chávez Ruvalcaba¹, Francisca Chávez Ruvalcaba², Oscar Armando Veruete Macías¹, Veronica Bañuelos Melero², José Luis Muñoz Carrillo³, María Isabel Chávez Ruvalcaba⁴ y Raúl Reyna Martínez⁵

¹Unidad Académica de Docencia Superior, ²Licenciatura en Nutrición, Universidad Académica de Enfermería, ³Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara, ⁴Unidad Académica de Ciencias Biológicas, ⁵Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León
charuva@uaz.edu.mx

RESUMEN

Trichinella spiralis es un parásito de distribución cosmopolita que infecta a mamíferos susceptibles y se transmite al ser humano a través del consumo de carne infectada insuficientemente cocida. Actualmente, los benzimidazoles representan la principal opción terapéutica con actividad antiparasitaria significativa. El objetivo del presente estudio fue caracterizar la respuesta inmune e histológica en ratas Long Evans infectadas con *T. spiralis* y tratadas con dos antiparasitarios. Se utilizó un modelo experimental con 120 ratas Long Evans, tanto hembras como machos, divididas en grupos de control sano (CS) y control infectado (CI). Los animales fueron tratados con albendazol (ABZ) a dosis de 7.5 mg/kg y 15 mg/kg, así como con ivermectina (IVM) en una y dos dosis, administradas durante las fases digestiva y muscular de la infección. Se realizaron diversas técnicas diagnósticas, incluyendo compresión de tejido, digestión artificial, tinción con hematoxilina-eosina, inmunodifusión doble, inmunoelectrotransferencia, intradermorreacción y triple respuesta de Lewis. Además, se obtuvieron biopsias para su análisis mediante microscopía óptica. Los resultados mostraron una diferencia significativa en el tratamiento con ABZ en ambas fases de la infección, evidenciando una respuesta inmunitaria eficaz que permitió el reconocimiento del parásito. La eficacia del ABZ fue superior a la observada en los murinos tratados con IVM. Asimismo, las distintas técnicas de diagnóstico empleadas resultaron fundamentales para detectar diferencias entre los tratamientos. El análisis estadístico reveló resultados altamente significativos, destacando la relevancia del uso de enfoques multidisciplinarios para la evaluación de terapias antiparasitarias.

INTRODUCCIÓN

La trichinellosis es una zoonosis parasitaria causada por nemátodos del género *Trichinella*, los cuales afectan a una gran variedad de mamíferos, tanto silvestres como domésticos. En humanos, la infección ocurre de forma accidental, principalmente por el consumo de carne cruda o insuficientemente cocida proveniente de animales infectados, en especial cerdo, caballo u oso, dependiendo de la región geográfica (Pozio y Zarlenga, 2013; Kociecka *et al.*, 2021).

Las larvas de *Trichinella* se enquistan en el tejido muscular estriado del hospedador y pueden sobrevivir durante varios años. Se ha reportado la presencia de larvas viables incluso en carne en estado de descomposición después de más de cuatro meses (Gottstein *et al.*, 2009).

En México, el cerdo representa la principal fuente de infección para los humanos, mientras que en Europa también se ha documentado transmisión por carne de caballo, y en Norteamérica se han detectado casos asociados al consumo de carne de oso (Murrell y Pozio, 2011; González-Morales *et al.*, 2022).

Las manifestaciones clínicas en el ser humano son variables y dependen de factores como la cantidad de larvas ingeridas y la respuesta inmune individual. Los síntomas abarcan desde formas asintomáticas hasta cuadros graves con mialgia, fiebre, edema facial y trastornos gastrointestinales (Dupouy, 2000; Kuryłowicz *et al.*, 2020).

Uno de los principales retos en el control de la triquinosis es la baja incidencia de diagnóstico clínico y epidemiológico, la falta de inspección sanitaria eficiente en canales porcinos, y la persistente práctica de matanza clandestina en zonas rurales o de traspatio (Rodríguez *et al.*, 2012; Pinilla *et al.*, 2023).

En cuanto al tratamiento, se han evaluado diversos fármacos antihelmínticos en modelos experimentales. Marinculić *et al.* (1993) demostraron que el flubendazol (FBZ) es 100 % efectivo en la fase adulta de *T. spiralis* en ratones, con dosis de 8 a 16 mg/kg administradas por 6 a 14 días. Chung *et al.* (1998) encontraron que el FBZ alcanzó una eficacia del 99.4 % en comparación con el albendazol (ABZ), que solo logró un 46 %.

En humanos no existen medicamentos totalmente eficaces. Se usan benzimidazoles (albendazol, mebendazol) tanto para la fase intestinal como para la fase parental, siendo más efectivos los administrados en forma temprana. Conjuntamente se utilizan corticoesteroides ya que la acción larvicida de los antihelmínticos puede generar una brusca liberación de antígenos parasitarios. La administración de drogas inmunomoduladoras se aplican a pacientes con enfermedad severa o signos de inmunosupresión. Si bien el tratamiento farmacológico no es aplicado en animales, numerosos estudios en ratones y cerdos infectados con *T. spiralis* han demostrado la eficacia de ivermectina y flubendazole contra las larvas enquistadas y otros estadios, hallando signos de prevención y tratamiento pero con insuficiente consistencia aún. También se realizaron estudios de vacunaciones contra *Trichinella* donde observaron una importante respuesta inmune en inmunizaciones realizadas con antígenos solubles de adultos de *T. spiralis*. Estudiaron el nivel de protección inducida por vacunación con antígenos de LM de *T. spiralis* en ratones de alta y baja respuesta inmune resultando altamente eficaz sólo en los primeros. De igual forma encuentran promisorio la vacunación contra *T. spiralis* utilizando el mismo tipo de antígenos (Marquez-Luna *et al.*, 2019; Ribicich *et al.*, 2021). El objetivo del presente estudio fue analizar la eficacia de antiparasitarios (ABZ e IVM) en ratas infectadas con *T. spiralis* su comparación con un inmunígeno de 45kDa de *T. spiralis*.

PARTE EXPERIMENTAL

Se utilizó un modelo experimental con 120 ratas Long Evans, tanto hembras como machos, divididas en grupos de control sano (CS) y control infectado (CI). Los animales fueron tratados con albendazol (ABZ) a dosis de 7.5 mg/kg y 15 mg/kg, así como con ivermectina (IVM) en una y dos dosis, administradas durante las fases digestiva y muscular de la infección. Se realizaron diversas técnicas diagnósticas, incluyendo compresión de tejido, digestión artificial, tinción con hematoxilina-eosina, inmunodifusión doble, inmunoelectrotransferencia, intradermoreacción y triple respuesta de Lewis. Además, se obtuvieron biopsias para su análisis mediante microscopía óptica.

Técnica de compresión de placa: Para la técnica de compresión en placa se utilizaron aproximadamente 50 miligramos de cada tejido, (masetero, lengua, intercostales, diafragma y pierna), cada muestra se colocó entre 2 laminillas y se comprimió, ocupando una área de 1cm x 0.5cm, se observaron al microscopio óptico, con el lente 10x, y se realizó el conteo de 10 campos, por triplicado^{4,7}.

Técnica de digestión artificial: Se utilizaron muestras de 30 g. de cada tejido (masetero, lengua, intercostales, diafragma y pierna), cada muestra se incubó a 37°C, en un tamiz de tul en forma de saco, suspendido en una solución al 0.3% de pepsina (10,000 U) y HCl al 37% (0.2M) en 500 ml de agua destilada, dentro de un embudo de separación; trascurridas 24 horas se procedió a separar el paquete larvario con las LI, que se depositaron en el fondo del embudo, se observaron en una cámara de newbawer al microscopio óptico con lente 10x⁴ y se cuantificó el paquete.

Tinción con Hematoxilina-Eosina: El tejido se conservó en formol al 10% para cortes histológicos, con el fin de determinar las características por una tinción de Hematoxilina_Eosina (HE) (Manual of

Histology, 1957). Los tejidos se deshidrataron para procesarlos en parafina, esto se llevó a cabo en un procesador de tejidos (Lipshaw Automatic Tissue Processor) de la siguiente manera:

El tejido permaneció en formol al 10 % por 12 h y en alcohol etílico al 80% por 1 h, luego alcohol etílico del 96%, realizando 3 cambios de 30 min. y alcohol etílico absoluto, 3 cambios cada hora y media, luego xileno, 2 cambios cada 1.5 h y, finalmente, parafina a 60 °C, en 2 cambios cada hora y media y al final fueron colocados los tejidos en moldes cúbicos hasta enfriar.

Después de 24 h, se colocaron en cama de hielo para efectuar los cortes, con un espesor de 4µ (Micrótopo modelo 820 Rotary, American Optical), posteriormente se colocaron en un portaobjetos, cubriéndolos luego con un gel a base de clara de huevo y glicerol en dilución 1:1, más unos granos de Tibol como conservador, los cortes se colocaron en placa caliente para fundir la parafina y continuar con la tinción con H-E como se describe en el Manual of Histology, 1957.

RESULTADOS

En el presente estudio se analizaron un total de 120 murinos de la raza Long Evans, tanto hembras como machos, de los cuales se dividieron en grupos, para control sano, control infectado, infectados y tratados con dos dosis de Ivermectina e infectados y tratados con diferentes dosis de Albendazol. En los grupos tratados con Ivermectina en fase digestiva con una y dos dosis, encontramos diferencia entre los grupos de hembras y machos, siendo los machos los que presentaron un mayor aumento de peso, principalmente en el que se le administraron dos dosis de IVM, contrario a las hembras que presentaron un mayor aumento en el grupo al cual se le administro una dosis de IVM. En los grupos tratados con ABZ en fase digestiva pudimos observar que solo el grupo de hembras tratadas con 7.5 mg de ABZ no presentaron diferencia en el aumento de peso.

En los grupos tratados en fase muscular con IVM de una y dos dosis, el grupo de hembras fueron las que presentaron un mayor aumento de peso, hasta 30 gramos más que en los diferentes grupos tratados. Mientras los tratados con ABZ tanto con 7.5 mg como con 15 mg en fase muscular también presentaron un aumento estable.

En la técnica de compresión de tejido pudimos observar a través de los tejidos de diafragma, pierna y masetero si las muestras sufrieron alguna aparente alteración.

En la muestra infectada sin tratamiento presenta su forma típica en espiral, con su capsula de colágena bien definida, a diferencia de la tratada, en la cual se puede observar una larva más alargada y con la presencia de puntilleo en la colágena, lo cual se podría presumir de alteración por el fármaco. Podemos observar en los grupos tratados con 7.5 mg de ABZ en fase digestiva tanto en hembras como machos como se puede observar el aspecto negruzco tanto en la célula nodriza como en la larva. Mientras que en los tratados con 15 mg de ABZ se puede observar un puntilleo negruzco en la colágena que envuelve la larva de *T. spiralis* (Fig 1).

Los grupos tratados con Albendazol en fase muscular también muestran una marcada afección en la colágena de la larva, que la colágena no está bien delimitada, además que se puede observar un puntilleo negruzco en uno de los polos, mientras que en la ratada con 15 mg de ABZ se puede observar la larva con el aspecto negruzco y la colágena sin su forma fenotípicamente característica. En los animales tratados con IVM en fase muscular, también se logra apreciar una alteración en la larva, así como en la colágena, presumiéndose una posible necrosis.

Gracias a esta técnica podemos deducir como en las muestras control infectado se puede observar la larva, junto con su colágena bien formada, para así poder compararla con los diferentes grupos tratados, en los cuales pudimos observar que las ratas tratadas con una y dos dosis de ivermectina tanto hembras como machos, presentaron un menor cambio en la colágena, solo un pequeño

puntilleo, mientras que en las demás muestras tratadas con ABZ en fase digestiva y muscular, así como las tratadas con IVM en fase muscular, sí presentaron grandes cambios en la estructura.

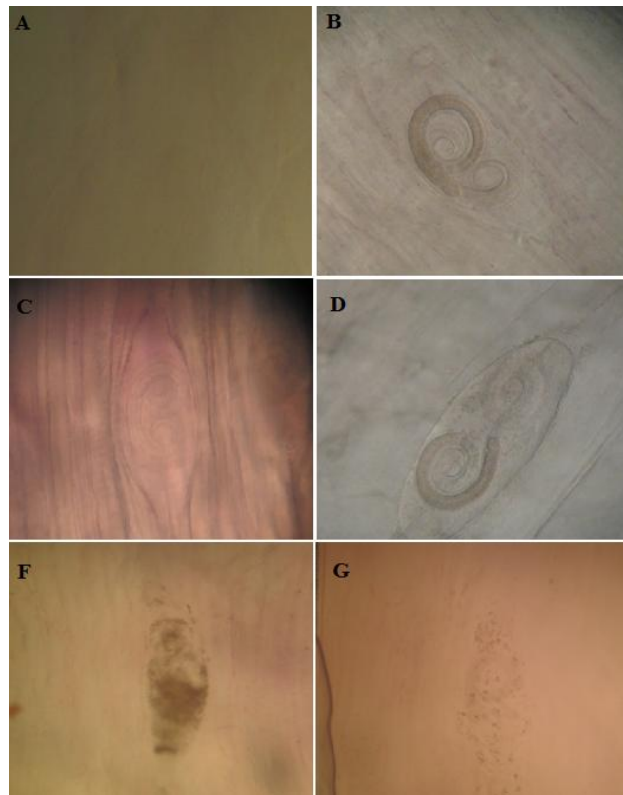


Fig. 1- LI en músculo por medio de la técnica de compresión de tejido en hembras en fase digestiva y control sano e infectado (100x). (A) control sano, (B) control infectado de músculo masetero, (C) tratado con 1 dosis de IVM, (D) tratado con 2 dosis IVM, (E) tratado con 7.5 mg de ABZ, (F) tratado con 15 mg de ABZ.

Por medio de la técnica de digestión artificial se pudieron obtener las larvas infectantes de cada grupo, con el objetivo de obtener el número de estas y la gravedad de infestación de las ratas, para observar así la efectividad de cada uno de los tratamientos dados. En los grupos control infectados se observó un contenido promedio de larvas infectantes de 6800 larvas en hembras, mientras que en los machos 5900 siendo una carga alta. En los grupos tratados con 2 dosis de IVM en fase digestiva machos, 7.5 mg de ABZ en machos en fase digestiva, las hembras tratadas con 7.5 mg y 15 mg de ABZ en fase digestiva, 7.5 mg en fase muscular en el grupo de hembras y 1 dosis de IVM en fase muscular no hubo cambio alguno respecto al control infectado, teniéndose en estos grupos un promedio de 5800 larvas infectantes. Presentándose una disminución del número de larvas solo en los grupos tratados con 15 mg de ABZ en fase muscular en hembras, y los machos tratados con 7.5 mg y 15 mg de ABZ en fase muscular (Fig. 2).

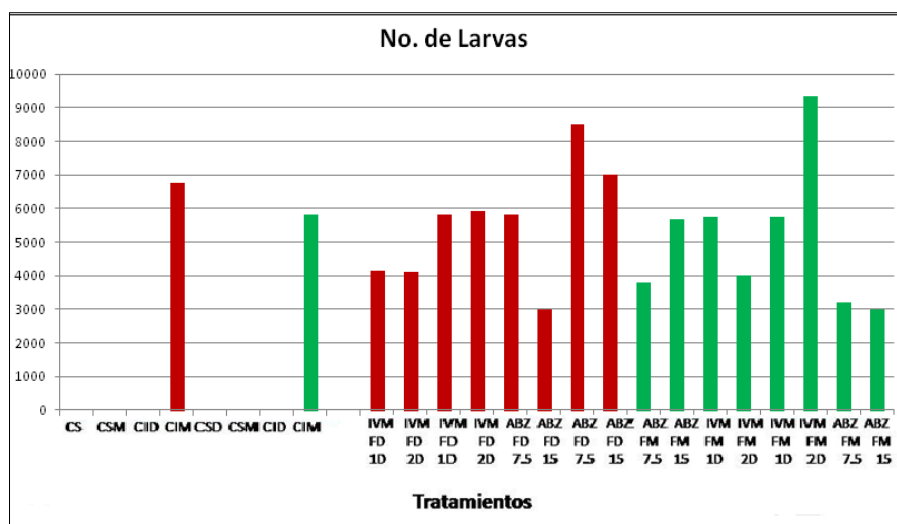


Fig. 2. Gráfica total de larvas obtenidas por el método de digestión artificial

Por medio de la técnica de tinción de Hematoxina-Eosina se pudo observar los cambios en la morfología del parásito implantado en tejido de murinos, tanto controles sanos, como los tratados con las diferentes dosis de Albendazol y de Ivermectina. Podemos observar en nuestra muestra de control infectado (Fig. 3 que no hay ninguna alteración del parásito, además de que tiene una buena implantación en las células musculares.

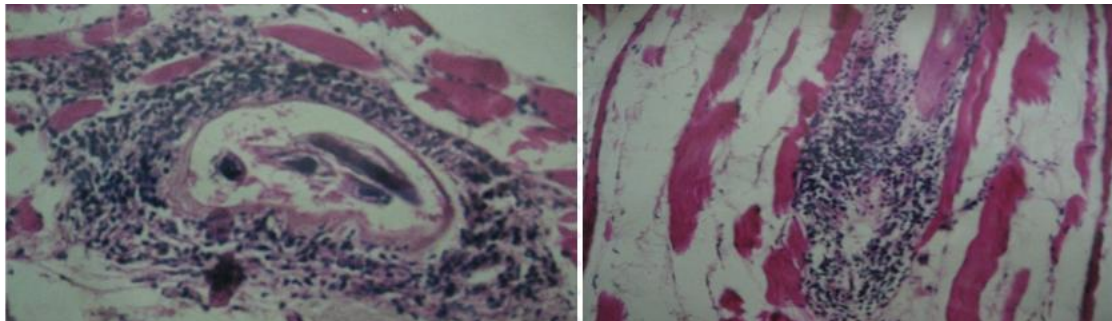


Fig. 3. A) Corte histológico de murino tratado con 2 dosis de IVM de 200 µg/kg por medio de técnica Hematoxilina-Eosina, por Microscopio óptico (150x). B) Corte histológico de murino, tratado con 15 mg de ABZ en fase muscular por la técnica de hematoxilina-eosina (150x).

Los diferentes tratamientos a los que fueron sometidos nuestros murinos presentaron diferencias, un infiltrado polimorfonuclear en el sitio de implantación de la larva infectante más marcado que en nuestro grupo control infectado.

En el grupo tratado con ABZ en fase digestiva hay, al igual que en el grupo tratado con IVM un gran infiltrado, pero en éste se puede apreciar una posible necrosis del parásito; esta muestra a la célula en rearreglo de las fibras musculares.

CONCLUSIONES

El ABZ es altamente efectivo en el tratamiento de Trichinellosis, mientras que la IVM disminuyen la carga parasitaria. La compresión de tejido muestra en control infectado una larva en su forma típica en espiral, y su colágena bien definida, mientras que en todos los tratamientos se presenta una afección de la larva infectante de *T. spiralis*, que va desde la pérdida de su forma típica con alargamiento (1 y 2 dosis IVM-FD), puntillero negruzco en la colágena (7.5 y 15 mg de ABZ-FD), hasta una posible necrosis del parásito (15 mg ABZ-FM). En la digestión artificial, en el control infectado se observa la larva en su estado característico, mientras que en los tratados con IVM, hay desintegración del interior de la larva infectante de *T. spiralis* y en tratados con ABZ fragmentación de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chung, Y. B., Kim, T. S., & Lee, J. H. (1998). Efficacy of flubendazole and albendazole against *Trichinella spiralis* in mice. *Korean Journal of Parasitology*, 36(3), 201–207.
2. Dupouy-Camet, J. (2000). Trichinellosis: a worldwide zoonosis. *Veterinary Parasitology*, 93(3-4), 191–200.
3. González-Morales, M. A., Herrera-López, E. J., & Pérez-Luque, A. J. (2022). Zoonotic risk of trichinellosis in backyard pig production in rural Mexico. *Revista de Salud Animal*, 44(1), 12–18.
4. Gottstein B., Pozio E., Nöckler K. 2009. Epidemiology, Diagnosis, Treatment, and Control of Trichinellosis, *Clinical Microbiology Reviews*, pp: 127–145
5. Kociecka, W., Nowakowska, B., & Malczewska, M. (2021). Trichinellosis in the 21st century: Epidemiological and therapeutic challenges. *Parasitology Today*, 37(6), 427–434.
6. Kuryłowicz, A., Zielińska, M., & Piekarska, J. (2020). Severe trichinellosis in immunocompetent adults: case series and review. *Infectious Diseases Reports*, 12(3), 205–212.
7. Manual of Histology and special staining technique. 1957. Armed Forces. Institute of Pathology. Washington, D.C. Chapter 2. n. 57-16
8. Marinculić, A., Pavlović, I., & Rapti, D. (1993). Flubendazole treatment of *Trichinella spiralis* in swine. *Acta Veterinaria Brno*, 62, 15–20.
9. Marquez-Luna, C., Díaz-Galicia, E., & Ortega, L. (2019). Combined therapy with ivermectin and albendazole: current evidence and clinical perspectives. *Tropical Medicine & International Health*, 24(5), 543–549.
10. Murrell, K. D., & Pozio, E. (2011). Worldwide occurrence and impact of human trichinellosis, 1986–2009. *Emerging Infectious Diseases*, 17(12), 2194–2202.
11. Pinilla, J., Giesen, R., & Florez, A. (2023). Seroprevalence and risk factors associated with Porcine Cysticercosis and *Trichinella spiralis* in backyard pigs in Bucaramanga province, Colombia. *Archives of Veterinary Science*, 28(1). <https://doi.org/10.5380/avs.v1i1.86967>
12. Pozio, E., & Zarlenga, D. S. (2013). New pieces of the *Trichinella* puzzle. *International Journal for Parasitology*, 43(12–13), 983–997.
13. Ribicich, M. M., Fariña, F. A., Aronowicz, T., Ercole, M. E., Bessi, C., Winter, M., & Pasqualetti, M. I. (2021). Reprint of: A review on *Trichinella* infection in South America. *Veterinary Parasitology*, 297, 109540. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2021.109540>
14. Rodríguez-Morales, A. J., Sánchez, E., & Arria, M. (2012). Desafíos de la triquinelosis en salud pública veterinaria. *Revista de Salud Pública de México*, 54(2), 181–186.

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CRECIMIENTO, ACTIVIDAD METABÓLICA Y EXPRESIÓN DE GENES CENTRALES DE LA SÍNTESIS DE ÁCIDOS GRASOS EN LÍNEAS CELULARES CANCEROSAS DE ORIGEN MAMARIO BAJO LIMITACIÓN NUTRIMENTAL

Montserrat López Molina, Brayan Neftalí Juárez Valle, Ana Edith Higareda Mendoza, Marco Aurelio Pardo Galván

Universidad Michoacán de San Nicolás de Hidalgo
mapardo@umich.mx

RESUMEN

El cáncer es una de las principales causas de mortalidad en el mundo, con más de diez millones de fallecimientos anuales. Su tratamiento abarca diversas estrategias terapéuticas, entre ellas la cirugía, la radioterapia, la inmunoterapia y, de manera destacada, la quimioterapia. Este último método se basa en atacar a las células en división. Sin embargo, la dinámica tumoral es más compleja de lo que inicialmente se pensaba. Este incremento anormal y descontrolado de las células cancerosas es un fenómeno que requiere una alta demanda de nutrientes¹. No obstante, se ha identificado una vascularización caótica dentro de la masa tumoral, que impide una adecuada distribución de nutrientes que, en consecuencia, algunas células experimentan un estado de estrés nutricional que las lleva a entrar a un estado de quiescencia, que se caracteriza por una proliferación lenta o pausada². Tal comportamiento representa un desafío para la quimioterapia, ya que deja a las células quiescentes fuera de su alcance. Se cree que estas células son responsables de la recurrencia del cáncer y de su diseminación a otras partes del cuerpo, proceso conocido como metástasis. Por ello, es de interés del grupo de trabajo realizar un análisis comparativo del comportamiento celular y metabólico bajo el impacto del estrés nutricional. Específicamente de células que comparten un microambiente rico en grasas y del mismo origen, como lo son las líneas celulares MCF-7 y MDA-MB231, las cuales son de origen mamario y provienen de un tumor primario y secundario (metástasis de pulmón) respectivamente. Las células se cultivaron en medio rico en nutrientes DMEM suplementado con 10% de Suero Fetal Bovino (SFB), y para la condición de limitación en medio limitado DMEM con 0.1% SFB. Para determinar la dinámica de crecimiento, se realizó el conteo celular con cámara de Neubauer. Además, se realizó un ensayo colorimétrico con Azul de Alamar para determinar la actividad metabólica. Los niveles de expresión génica de SREBP-1C, FASN y GAPDH se determinaron por RT-PCR en punto final. La dinámica de crecimiento presentó un comportamiento muy distinto entre cada línea. La actividad metabólica de la línea celular MDA MB 231 aumentó en la condición de limitación, pero no así la línea MCF-7. También, la expresión de genes centrales implicados en el metabolismo de los ácidos grasos sorpresivamente mostró, comparando ambas líneas, una expresión inversa para cada uno de ellos. En base a los resultados obtenidos podemos determinar que, pese a que ambas líneas celulares pertenecen a un mismo origen y provienen de un microambiente alto en grasas, ante la limitación nutricional responden celular y metabólicamente diferente.

INTRODUCCIÓN

El cáncer es una de las principales causas de mortalidad en el mundo, con más de diez millones de fallecimientos anuales. Su tratamiento abarca diversas estrategias terapéuticas, entre ellas la cirugía, la radioterapia, la inmunoterapia y, de manera destacada, la quimioterapia. Este último método se basa en atacar a las células en división. Sin embargo, la dinámica tumoral es más compleja de lo que inicialmente se pensaba. Este incremento anormal y descontrolado de las células cancerosas es un fenómeno que requiere una alta demanda de nutrientes¹. No obstante, se ha identificado una vascularización caótica dentro de la masa tumoral, que impide una adecuada distribución de nutrientes, en consecuencia, algunas células experimentan un estado de estrés nutricional que las lleva a entrar a un estado quiescente, que se caracteriza por una proliferación lenta o pausada².

Aunado a esto, varios estudios han demostrado que las células cancerosas presentan alteraciones metabólicas y genéticas asociadas principalmente con el metabolismo de ácidos grasos, las cuales le permiten mantener y cubrir sus necesidades fisiológicas y estructurales ante las condiciones del microambiente tumoral^{3,4}. Es de interés de nuestro grupo de investigación correlacionar el estado proliferativo a través de su cinética de crecimiento, actividad metabólica mediante la tinción de Azul de Alamar y la expresión de genes centrales de la síntesis de ácidos grasos (SREBP-1c, FASN y GAPDH) por RT-PCR en líneas celulares cancerosas de origen mamario bajo la condición de limitación nutricional.

TEORÍA

El cáncer es uno de los mayores desafíos para la salud a nivel mundial, ubicándose entre las enfermedades con mayor número de fallecimientos. Es definida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un conjunto de enfermedades capaces de desarrollarse en prácticamente cualquier órgano o tejido del cuerpo, se caracteriza por el crecimiento celular anómalo y descontrolado, además, estas células pueden invadir tejidos cercanos y propagarse a otras zonas del organismo, proceso conocido como metástasis. Según la OMS, en 2018 se reportaron alrededor de 9.6 millones de muertes a causa de distintos tipos de cáncer a nivel global.

Microambiente tumoral

Uno de los principales obstáculos para enfrentar eficazmente esta enfermedad es el tratamiento en etapas avanzadas, debido a la alta resistencia que desarrollan las células tumorales frente a terapias convencionales como la quimioterapia. Aunque se han logrado avances significativos, estas dificultades continúan siendo una barrera para mejorar los resultados clínicos. Investigaciones recientes han puesto en evidencia aspectos importantes del entorno tumoral como lo es la alta demanda nutricional. Esta condición está estrechamente relacionada con el patrón desordenado de los vasos sanguíneos dentro del tumor, lo que impide una irrigación uniforme de nutrientes. Esta desorganización favorece a un entorno metabólicamente variable, que además induce un estado de proliferación lenta o pausada (quiescencia) que contribuye a la persistencia del cáncer ante la presencia de un fármaco quimioterapéutico⁵.

Cáncer de mama

Entre los tipos de cáncer, el de mama es el de mayor prevalencia en mujeres, con un mayor número de mortalidad e incidencias en muchos países. Aunque se sabe que las causas son multifactoriales y complejas, los factores nutricionales desempeñan un papel importante en la evolución de la enfermedad⁶. Existe una relación establecida entre el potencial carcinogénico y la estructura de la glándula mamaria debido a su alto contenido de tejido adiposo. Como se sabe el tejido adiposo además de cumplir funciones estructurales, energéticas, hormonales y de almacenamiento, pueden favorecer a la proliferación y desarrollo de un microambiente tumoral activo⁷.

Metabolismo

El metabolismo de los lípidos cumple funciones importantes en la célula entre las que destacan: el almacenamiento de energía mediante la formación de triacilglicéridos, la biosíntesis de componentes implicados en la generación de nuevas estructuras, así como obtención de energía⁸. Un papel importante en la síntesis de novo de ácidos grasos es la proteína de unión al elemento Regulador de Esteros 1c (SREBP-1c), un factor transcripcional presente en eucariotas. Este factor transcripcional se encuentra sintetizado como precursor inactivo en las membranas del Retículo Endoplásmico, donde seguido de una proteólisis de activación migra al núcleo en su forma madura para ejercer su acción sobre el sitio promotor de sus genes objetivo. Entre sus genes objetivo se encuentran algunas enzimas metabólicas como la sintasa de ácidos grasos (FASN), la Esteroil Coenzima-A Desaturasa 1 (SCD) y la Acetil Coenzima-A Carboxilasa (ACC)^{9,10}. En particular FASN, la cual cuenta con múltiples dominios encargados de catalizar la síntesis de ácidos grasos de cadena

larga a partir de acetil-CoA y malonil-CoA¹¹. Varios estudios han reportado una sobreexpresión de FASN en múltiples tumores entre los que se encuentran próstata, mama, ovarios, colorrectal y páncreas. Estos informes destacan que los altos niveles de FASN se correlacionan con una mayor masa tumoral¹².

PARTE EXPERIMENTAL

Cultivos celulares

Las líneas celulares MDA MB-231 y MCF-7, líneas celulares epiteliales de adenocarcinoma de glándula mamaria, fueron obtenidas de ATCC (Washington, EE. UU). Las células fueron cultivadas en DMEM suplementado con 10% de suero bovino fetal (FBS) y después de un período de incubación de 24 horas se hizo cambio de medio con 0.1% de FBS. Posteriormente cultivaron las células hasta obtener una confluencia adecuada y se procedió a realizar el lavado y lisis celular, además de observar la morfología celular para extraer RNA.

Extracción de RNA total

El RNA total fue extraído utilizando Trizol, de acuerdo con las instrucciones del fabricante, y se midió su concentración en un espectrofotómetro con lecturas a 260/280 nm. También se verificó el RNA ribosómico 18S y 28S intacto, utilizando 1.5 ug de RNA total en gel de agarosa al 1.2%. El RNA ribosómico se cuantificó y se utilizó para normalizar los datos del ARNm de los genes

Síntesis de cDNA y técnica de RT-PCR

Se llevó a cabo una síntesis de cDNA, de acuerdo con el protocolo LunaScript MM (BioLabs), utilizando una concentración de 1 ug de RNA total para cada síntesis. Se obtuvo un volumen final de 20 ul de producto total.

La RT-PCR se realizó de acuerdo con el protocolo de la Taq DNA Polymerase with Standar Taq Buffer (BioLabs) en un termociclador de la marca PERKIN ELMER CETUS DNA Thermal Cycler a partir del cDNA sintetizado como se describió anteriormente. Se diseñaron y validaron secuencias de oligonucleótidos específicas para cada gen.

Electroforesis

Se preparó un gel de agarosa de una concentración al 2.8% para observar los productos del PCR. El gel fue teñido con una solución de bromuro de etidio y el resultado fue observado mediante luz UV. Los resultados se documentaron por el programa Kodak ds 1D. La expresión de cada gen fue medida por opacidad y el valor obtenido se presenta en gráficas (ver sección de resultados).

Análisis de la actividad metabólica con Azul de Alamar

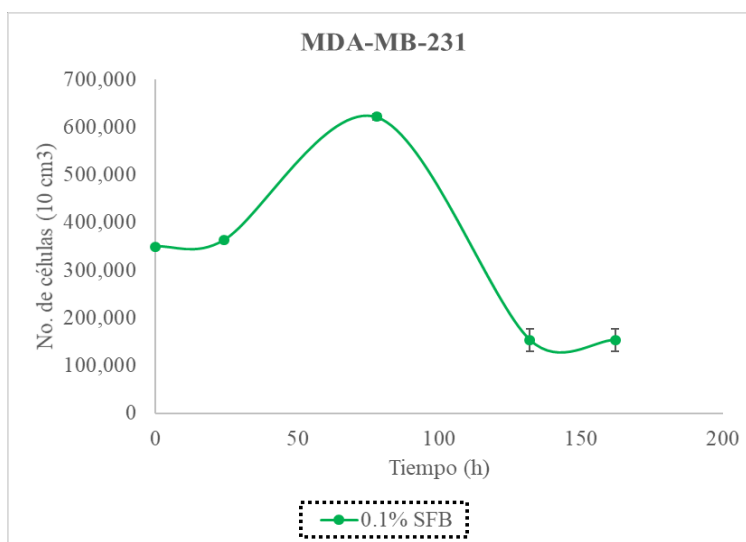
Se utilizaron las líneas celulares MDA MB 231 y MCF-7 a una confluencia del 80% para cultivarse en una placa de 96 pocillos a una densidad de 6.64×10^4 células por pocillo en 100 μ l de medio DMEM suplementado con 10% de suero bovino fetal (SFB) y se incubaron a 37 °C, 6 % de CO₂, 95 % de humedad durante 24 h para su adhesión y adaptación fisiológica. Se cambió el medio estableciendo dos condiciones de medio DMEM: uno con SFB al 10% (suficiencia de nutrientes), otro con SFB al 0.1%, durante 48 h. Se agregó el Azul de Alamar asépticamente a una concentración del 5% considerando el volumen de los pocillos, y posteriormente se incubó durante 2-4 h. Posteriormente se realizaron 6 mediciones por espectrometría registrando la absorbancia a una longitud de onda de 570 nm y a 600 nm después de la incubación.

RESULTADOS

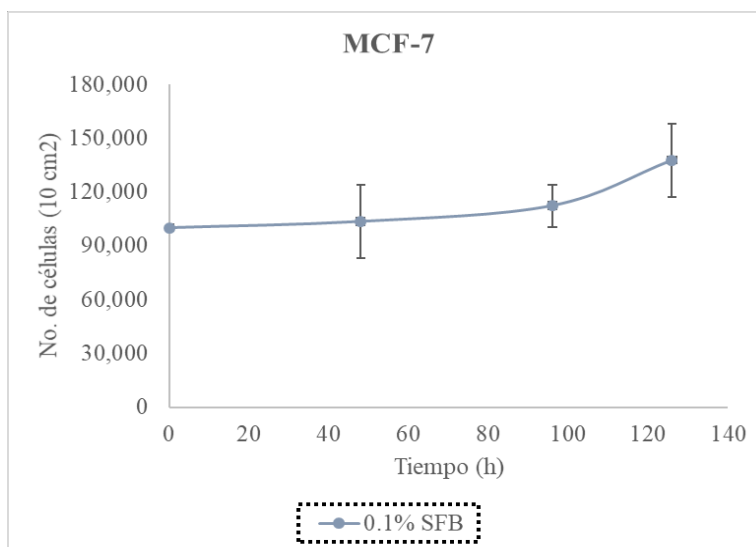
Cultivos Celulares

La dinámica de crecimiento de la línea MDA-MB-231 presentó su fase exponencial en las primeras horas del cultivo tras el cambio de medio a la condición de limitación, en donde posterior a este periodo la línea sufrió una muerte abrupta del 50% y las células restantes se mantuvieron estables durante las siguientes 48 horas (gráfica 1).

En el caso de la línea celular MCF 7 la condición de limitación pausó la proliferación celular, experimentó un estado estacionario, comportamiento totalmente diferente en la línea celular MD MB 231 que fue más dinámica.



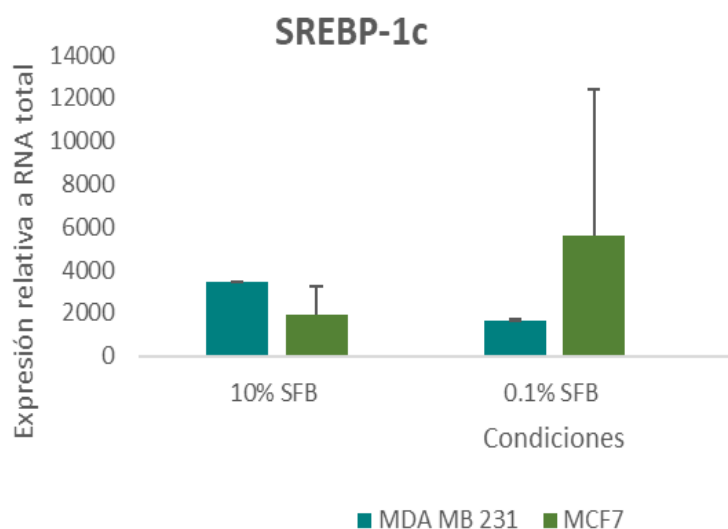
Gráfica 1. Dinámica de crecimiento de la línea celular MDA-MB-231 en 0.1% SFB.



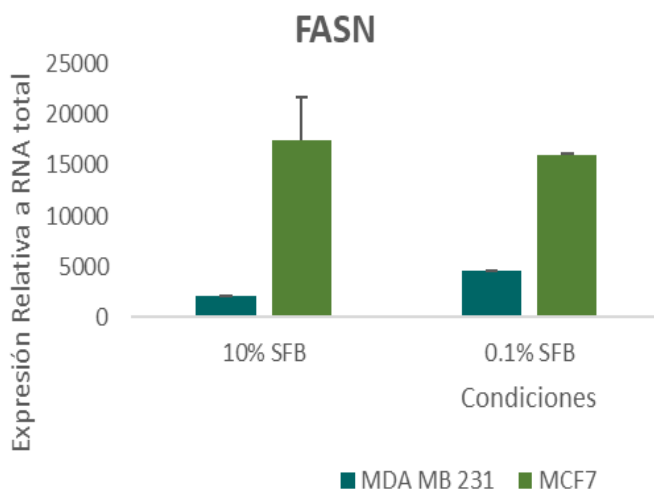
Gráfica 2. Dinámica de crecimiento de la línea celular MCF-7 en 0.1% SFB.

RT-PCR

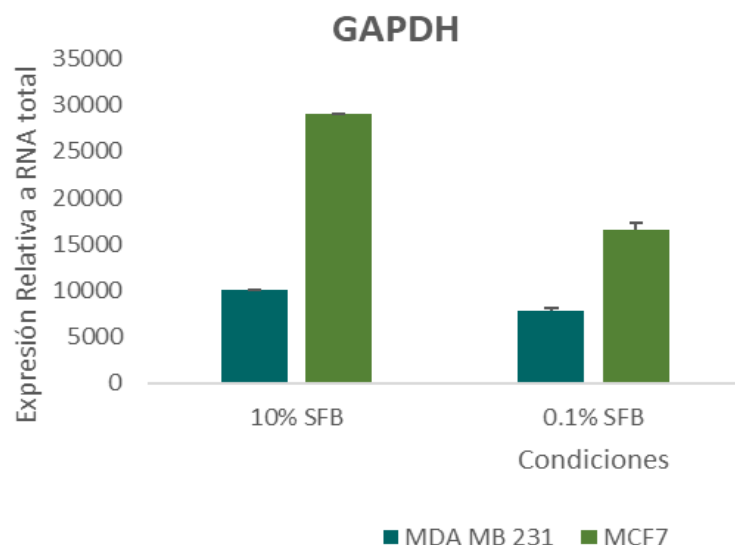
Para el análisis de la expresión de los genes de interés: SREBP-1c, FASN y GAPDH se observaron los productos del PCR resultantes en gel de electroforesis y la expresión de cada gen fue medida por opacidad. El valor obtenido se presenta en gráficas 3, 4 y 5 respectivamente. Para el gen de SREBP-1c (gráfica 3) se observó un comportamiento inverso entre las líneas células cancerosas, para la línea MDA MB 231 la condición de limitación nutricional (0.1% SFB) presentó una disminución en comparación con la condición de suficiencia; caso contrario para MCF7, la cual presentó un incremento en la condición de limitación (0.1% SFB). Para el gen de FASN (gráfica 4) en la MDA MB 231 a diferencia de SREBP-1c presentó un incremento en su expresión en la condición de limitación; sin embargo, la línea MCF7 mantuvo su expresión pese al cambio de las condiciones de su medio de crecimiento. Para la expresión correspondiente a GAPDH (gráfica 5) se observó un comportamiento proporcional entre ambas líneas celulares, con una disminución de su expresión en la condición de 0.1% SFB en comparación de la condición de suficiencia.



Gráfica 3. Expresión genética de SRBP1-1C de las líneas cancerosas de origen mamario.



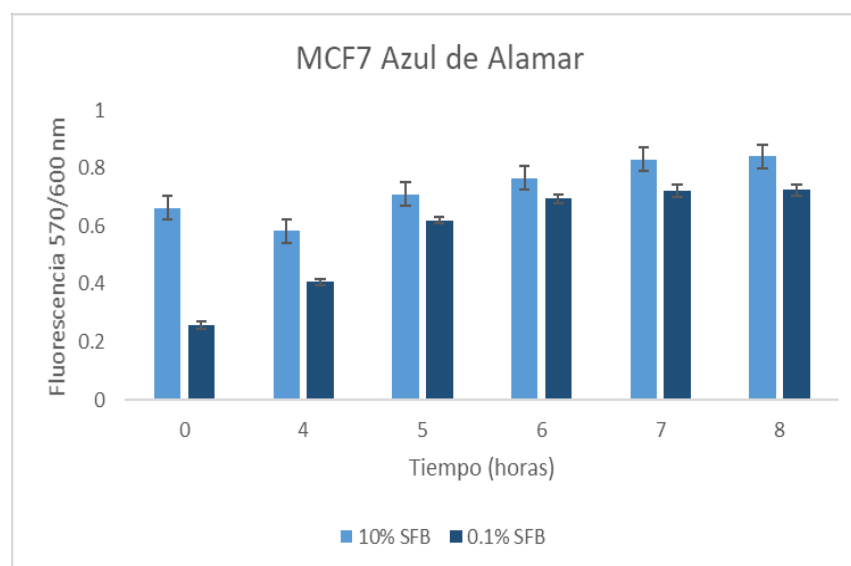
Gráfica 4. Expresión genética de FASN en las líneas cancerosas de origen mamario.



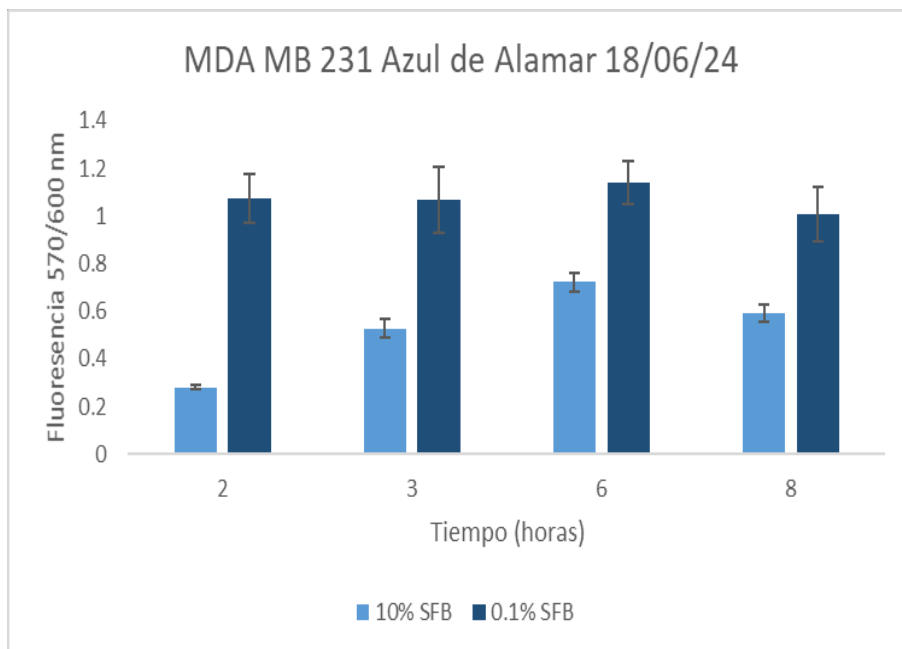
Gráfica 5. Expresión genética de GAPDH de las líneas cancerosas de origen mamario.

Ensayo de tinción con Azul de alamar

El análisis comparativo de la actividad metabólica con tinción de Azul de la Alamar mostró en la línea celular MCF7 (gráfica 6) una ligera disminución de su actividad metabólica en la condición limitante en comparación con la condición de suficiencia. Sin embargo, se observó un comportamiento inverso en la línea celular MDA MB 231 (gráfica 7) la cual presentó una mayor reducción de Azul de Alamar en la condición limitante de SFB, lo que indica una mayor actividad metabólica.



Gráfica 6. Actividad metabólica con azul de alamar en la línea celular MCF-7.



Gráfica 7. Actividad metabólica con azul de alamar en la línea celular MD-MB-231.

CONCLUSIONES

En base a los datos obtenidos del análisis comparativo de las líneas celulares MDA-MB-231 y MCF-7 se deduce que, pese a que ambas provienen del mismo origen de tejido mamario, presentan heterogeneidad celular que se ve reflejada en su dinámica de crecimiento y en su reprogramación metabólica ante una limitación nutricional.

BIBLIOGRAFÍA

1. M. R. Stratton, P. J. Campbell & P. A. Futreal, "The cancer genome", Nature, Vol. 458, 7239, 2009, pp. 719-724.
2. A. Deshmukh, K. Deshpande, F. Arfuso, et al., "Cancer stem cell metabolism: a potential target for cancer therapy", Molecular Cancer, Vol. 15, 69, 2016.
3. S. F. Jones, J. R. Infante, "Molecular pathways: Fatty acid synthase", Clinical Cancer Research: An Official Journal of the American Association for Cancer Research, Vol. 21, 24, 2015.
4. F. Röhrig, A. Schulze, "The multifaceted roles of fatty acid synthesis in cancer", Nature Reviews Cáncer, Vol. 16, 11, 2016, pp. 732-749.
5. N. C. Sánchez, "Conociendo y comprendiendo la célula cancerosa: Fisiopatología del cáncer", Tema central: Cáncer, Vol. 24, 4, 2013, pp. 553-562.
6. B. P. López, L. M. Bermejo, V. K. Loria, E. C. Fernández, "Nutrition in breast cancer genesis", Nutr. Hosp, Vol. 40, 2023.

7. D. Clever, R. Roychoudhuri, M. G. Constantinides, et al., "Fatty acid metabolism controls CD8+ T-cell memory", *Nature*, Vol. 510, 7504, 2014, pp. 103–107.
8. C. R. Santos, S. Almut, "Lipid metabolism in cancer", *The FEBS journal*, Vol. 279, 15, 2012, pp. 2610-23.
9. S. Koeberle, "Regulation and targeting of SREBP-1 in hepatocellular carcinoma", *Cancer metastasis reviews*, Vol. 43, 2, 2024, pp. 673–708.
10. Q. Sun, X. C. Yu, N. Peng, et al., "Activation of SREBP-1c alters lipogenesis and promotes tumor growth and metastasis in gastric cancer", *Biomed Pharmacother*, Vol. 128, 2020.
11. J. A. Menendez, R. Lupu. "Fatty acid synthase and the lipogenic phenotype in cancer pathogenesis", *Nature reviews Cancer*, Vol. 7, 10, 2007, pp. 763–777.
12. S. Jones, V. Anagnostou, K. Lytle, et al., "Personalized genomic analyses for cancer mutation discovery and interpretation", *Science translational medicine*, Vol. 7, 283, 2015.

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA MUÑEQUERA TERAPÉUTICA PARA LA PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DEL SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO

Erika Toledo Trejo, Miriam V. Díaz Ramírez, Alexandra Martínez De Luna, Ximena Monroy García, Elibeth Sanjuan Álvarez, José M. Pérez Hernández, Daniel González Martínez.

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez
erika.toledo@utfv.edu.mx

RESUMEN

El Síndrome de Túnel Carpiano (STC) es de las principales afecciones de salud para personas que utilizan de manera continua y prolongada una computadora ya que se realizan movimientos repetitivos, posturas forzadas y por lo general no se dan recesos para el descanso o realizar estiramientos durante la jornada siendo común su aparición en trabajadores administrativos, oficinistas y algunos estudiantes. El STC es una mononeuropatía de la extremidad superior ocasionada por compresión del nervio mediano a nivel de la muñeca dando Actualmente existen férulas y otros aparatos ortopédicos para tratar este síndrome, más sin embargo son estorbosos impidiendo las labores de las personas afectadas e incluso de altos precios. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo el desarrollo de una muñequera terapéutica ergonómica que estabilice, prevenga y corrija , esta además incluye un termogel el cual ayudará disminuyendo la problemática debido a que brinda calor ayudando a la desinflamación. En la parte de evaluación de la muñequera ya teniendo el diseño y estando elaborada, estas se probaron en personal administrativo y estudiantado de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez en un lapso de 30 días como máximo en personas con síntomas de inicio del síndrome y con personas que ya lo tenían diagnosticado. Se encontró que la muñequera resultó ser útil para disminuir los síntomas que el Síndrome del túnel carpiano causa y en personas con inicios de él ayudo a quitar los síntomas que presentaba; así mismo los usuarios señalaron que la economía de la muñequera resultaba ser cómoda y el termogel proporcionaba descanso y relajación en la extremidad. Concluyendo que la muñequera diseñada es útil y de potencial comercialización para prevenir y tratar el STC.

INTRODUCCIÓN

El Síndrome del Túnel Carpiano (STC) es una neuropatía en la muñeca por atrapamiento más común; se debe a la compresión crónica del nervio mediano en la muñeca dentro del túnel carpiano osteofibroso, un espacio limitado (Harinesan, N. et al; 2024). Es uno de los principales problemas de salud de los trabajadores que desarrollan relacionadas a movimientos repetitivos del miembro superior, su sintomatología está conformada por dolor nocturno, parestesias, parálisis y debilidad muscular en la zona inervada por el nervio medio; el STC es una enfermedad que pertenece al grupo de los síndromes compresivos de los nervios periféricos, para el 2022 su prevalencia se estimaba entre 0.1 y 3% de la población, aumentándose en un 15% en grupos de trabajadores expuestos a riesgo ocupacional por actividad manual excesiva, constituye la primera causa de enfermedad de origen laboral (Silvero, M. y Rumbo, M. 2021). El síndrome de túnel carpiano se presenta en forma aguda y crónica: la 1ra es mucho más común y ocurre en personas de 30 a 60 años, provocada por movimientos repetitivos (ejemplo el caso de personas que laboran frente a un computador, que realizan actividades que requieran de fuerza), en estados más avanzados existe una disminución de fuerza y función de la mano (Padua, L. et al. 2002) y la 2da es poco frecuente, se da por incremento de presión sobre el nervio mediano, asociada con fracturas a nivel de muñeca (Rosero, 2017).

Para el diagnostico se basa en la historia clínica, cuestionarios y el uso de electromiografía, la ecografía y la resonancia magnética facilitan aún más el diagnóstico. Con respecto al tratamiento del STC se divide en enfoques quirúrgicos y no quirúrgicos que incluyen terapia de mano, ferulización e inyección de corticosteroides, así como la combinación de varias de ellas, todos estos

buscan aliviar los síntomas y se utiliza en diferentes grados de gravedad de la afección (Harinesan, N. et al; 2024, Jiménez del Barrio, S. et al 2018).

Actualmente existen muñequeras cuya función es ayudar a descompresión del túnel carpiano. En esta investigación desarrollaremos una muñequera, la cual tiene la además de tener la función de dar estabilidad y evitar la flexión del palmar usara un agente físico (termoterapia) para generar analgesia, la cuál es fácil de utilizar y permite el usuario pueda colocársela y realizar actividades sin sentirse inhabilitado o incomodo como sucede con otras e incluso con férulas. Consideramos que esta combinación ayudara a prevenir el síndrome e incluso disminuir síntomas de este padecimiento en personas que ya lo presenten.

PARTE EXPERIMENTAL

Se considero para el diseño de la muñequera material de tela elástico suave que ofreciera estabilización de la articulación, sujeción, inmovilización limitando la flexión palmar y dorsal e inmovilización funcional de la muñeca y de la base del pulgar buscando no afectar la circulación sanguínea y permitiendo libertad de movimiento en los dedos distintos al pulgar (muñequera abierta). En esta se incluyó el termogel que realizara la termoterapia al activar la pastilla que esta contiene, dicho termogel se instaló entre dos telas a la altura de la muñeca en la muñequera.

Para obtener la muestra se realizó una encuesta a trabajadores (as) administrativos(as) de la UTFV a manera de identificar quienes presentaban al menos 3 síntomas comunes del STC (dolor, entumecimiento, falta de movimiento en hombro, brazo, perdida de fuerza en la mano) o personas propensas a desarrollarlo. Únicamente se encontró a 7 personas que cumplían con los requisitos, mismos a los que se les explico y ayudo a usar la muñequera y se evaluó su efectividad durante 8 días, donde el uso de esta era de mínimo 3 veces al día por periodos de 30 min en la cual se ejercía la termoterapia.

Los parámetros que se evaluaron fueron el dolor mediante la Escala Visual Análoga EVA (donde 0 corresponde a “no hay dolor” y 10 a “dolor severo”), respecto a movimiento se evaluaron flexión de hombro, extensión hombro, abducción hombro, aducción Hombro, flexión mano-muñeca, extensión mano-muñeca, desviación radial mano-muñeca, desviación cubital mano-muñeca y flexión considerando los valores normales según la Academia Estadounidense de Cirujanos Ortopédicos (AAOS).

RESULTADOS

La muñequera diseñada se presenta en la figura 1, se elaboró con tela elástica y compresiva, esta contaba con un espacio interno donde se colocó el hidrogel, la muñequera se muestra en la figura 1.



Figura 1. Muñequera usándose con un paciente con síntomas de STC.

Las 7 mujeres identificadas para participar en la investigación formaban parte del personal administrativo de La UTFV, los síntomas que presentaban fueron hormigueo, dificultad para tomar objetos, debilidad, entumecimiento, dolor, limitación en movimiento de mano, muñeca y hombro. Después de la aplicación del tratamiento con la muñequera diseñada se encontraron mejoras en estos síntomas; respecto al dolor se hayo una notable disminución del día del inicio al final del tratamiento en 6 de las pacientes (figura 2):

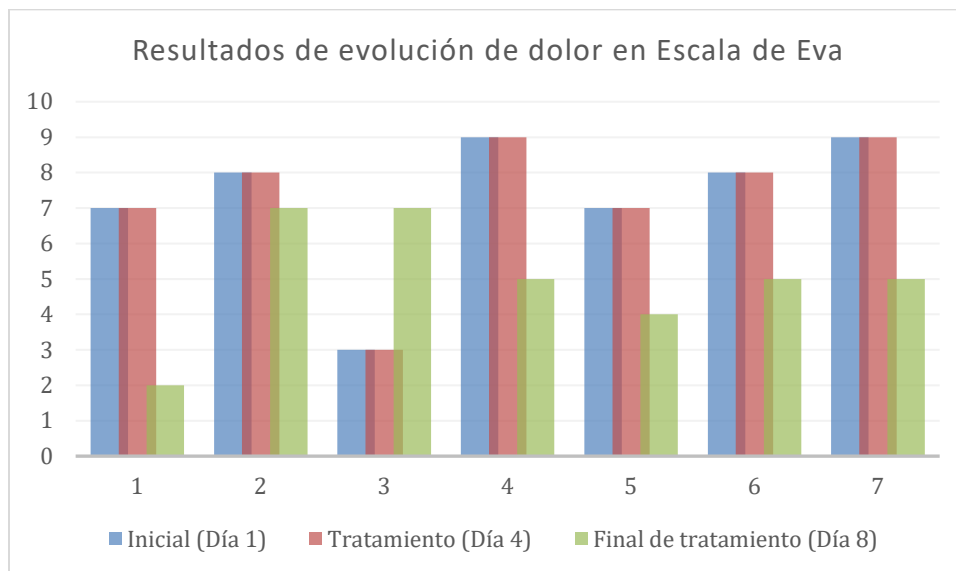


Figura 2. Registros de la escala de dolor EVA en pacientes que usaron la muñequera.

Con respecto a la movilidad de hombro, brazo, extensión de mano-movimiento de muñeca, desviación radial mano-muñeca, desviación cubital mano-muñeca y flexión codo se encontró también mejoras aumentando en todos los casos el grado de movimiento (figura 3):

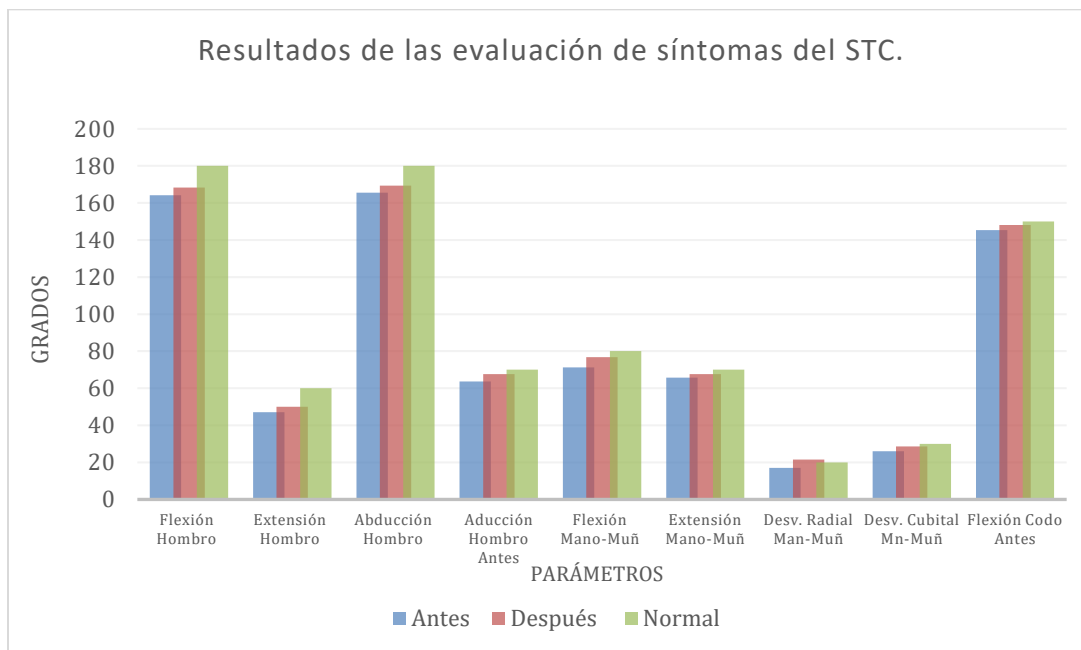


Figura 3. Cambio en los síntomas de los pacientes que usaron la muñequera.

En nuestras pacientes el STC no era severo y al usar nuestra muñequera que aplica terapia física mediante inmovilización y la termoterapia permitió disminuir las afecciones que se presentaban, convencionalmente las muñequeras solo inmovilizan para bajar la presión por movimiento sobre el nervio pero nosotros al incluir termoterapia ayudamos a disminuir la inflamación y ayudar también con el dolor ; nuestra muñequera además de eficiente fue reconocida como cómoda y fácil de usar y que permitía seguir realizando sus actividades diarias lo cual ayuda seguir siendo laboralmente activo y sin molestias constituyendo para los pacientes un producto muy interesante y de su agrado. Se sabe no existe un tratamiento único para las personas que padecen el STC y muchas veces evoluciona a casos graves con tratamientos caros y por lo tanto difícil alcance para los afectados, nuestro producto además de las virtudes ya mencionadas es económico y puede usarse también de forma preventiva.

CONCLUSIONES

Se desarrollo y evaluó una muñequera que incluye además de la inmovilización la termoterapia para aliviar los síntomas del Síndrome del Túnel Carpiano. La muñequera ayudo al tratamiento del STC por descompresión por inmovilización y por termoterapia, es fácil y cómoda de usar, os resultados mostraron mejoras en el rango de movimiento en mano-muñeca, hombro y disminución del dolor a partir de los 4 días de tratamiento. Consideramos evaluar en muestras más grandes y con mayores afecciones y mejoras en el diseño como incluir tela antimicrobiana y que siga siendo económica y fácil de usar.

BIBLIOGRAFÍA

1. Harinesan, N; Silsby, M; Simon, G. 2024. Carpal tunnel syndrome. Handbook of Clinical Neurology. 201: 61-88. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90108-6.00005-3>
2. Academy of Orthopaedic Physical Therapy. Carpal Tunnel Syndrome: Treating Hand Pain and Numbness. J Orthop Sports Phys Ther. Vol. 49(5):361. <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.0502>. 2019
3. Jiménez del Barrio, S; Bueno, E; Hidalgo, C; Estébanez de Miguel, E; Tricás, J; Rodríguez, S; Ceballos, L. 2018. Tratamiento conservador en pacientes con síndrome del túnel carpiano con intensidad leve o moderada. Revisión sistemática. Neurología. 33, 9:590-601. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2016.05.018>
4. Padua, L; Padua, R; Aprile, I; D'Amico, P. Tonali, P. 2002. Carpal tunnel syndrome: Relationship between clinical and patient-oriented assessment. Clin Orthop Relat Res. 395. 128-134. https://journals.lww.com/corr/abstract/2002/02000/carpal_tunnel_syndrome__relationship_between.13.aspx
5. Rosero, V. 2017. Síndrome de túnel carpiano y su incidencia en personal de áreas administrativas: guía de actividades ergonómicas desde enfoque de terapia ocupacional Tesis de grado. Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/37219/1/CD-084-ROSERO%20VELOZ.pdf>.
6. Silvero, M. y Rumbo, M. 2021. Limitación funcional y factores de riesgo del síndrome del túnel carpiano asociado a la edad y el género de los trabajadores de secretariado del área administrativa. Trabajo de Grado Pregrado, Universidad de Pamplona. Repositorio Hulago Universidad de Pamplona. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/7130>

CONOCIMIENTOS DE NUTRICIÓN Y RIESGO CARDIOVASCULAR EN ESTUDIANTES DE DIVERSAS ÁREAS EN UN CENTRO EDUCATIVO

Andrea Estefanía Acosta-Rojas, Ana Karen Flores Padilla, De la Cruz-Ahumada Claudia Jackelin, Fernando Ibarra Reyes y Sughey González-Torres.

Centro Universitario de los Altos, Universidad de Guadalajara
sgonzalez@cualtos.udg.mx.

RESUMEN

Los problemas relacionados con la salud cardiovascular han aumentado en las últimas décadas, siendo de las principales causas de morbilidad global, en México representan casi el 20% de los fallecimientos en adultos. Factores de riesgo van en ascenso entre la población joven, lo que subraya la necesidad de implementar programas educativos, debido a que el conocimiento sobre nutrición es crucial para alcanzar y mantener una buena salud. Los estudiantes universitarios son vulnerables al adoptar prácticas alimentarias no saludables, ya que atraviesan una etapa de cambios generalizados. El objetivo de este estudio se centra en obtener un primer acercamiento para conocer la realidad de esta población al identificar el nivel de conocimiento nutricional y riesgo cardiovascular en los estudiantes de las diferentes áreas del centro educativo. Se realizó un estudio observacional descriptivo transversal, con un muestreo no probabilístico, se recabaron datos sociodemográficos y conocimientos sobre nutrición mediante una encuesta de elaboración propia. El riesgo cardiovascular se obtuvo mediante el cálculo del índice de cintura-cadera (ICC), circunferencia de cuello, obesidad abdominal, e Índice de masa corporal (IMC). Las mediciones antropométricas se efectuaron bajo el Protocolo ISAK. El análisis de datos se realizó utilizando el software estadístico SPSS V.22, mediante frecuencias, desviación estándar, pruebas de Anova y Chi Cuadrada. Fueron evaluados 93 sujetos, previa obtención de consentimiento informado, en su mayoría de sexo femenino 69.89% (n=65) y edad promedio de 19.94 ± 1.98 . El 88.2% tenían conocimiento de nutrición adecuado. El 53.8% pertenecían al ámbito de la salud, el 24.7% de ciencias agropecuarias e ingenierías y el 21.5% de ciencias sociales. Los resultados indicaron conocimientos suficientes en el área de salud 92%, seguido de sociales 90% y agropecuarias e ingenierías 78%, siendo el grupo de menor conocimiento y mayor prevalencia de riesgos cardiovasculares, esto referido a partir de los parámetros de circunferencia de cuello 69.6%, IMC 60.9% y obesidad abdominal 43.4%. Además, se observó diferencia entre grupos respecto a peso, masa grasa, circunferencias de cintura, cadera y cuello ($p < 0.05$). El conocimiento nutricional adecuado puede jugar un papel crucial en la prevención de riesgos cardiovasculares, siendo el grupo de ciencias de la salud el que presentó mayor conocimiento y menor riesgo cardiovascular medido por indicadores indirectos, lo que subraya la necesidad de intervenciones educativas dirigidas a las áreas que no incluyen una formación nutricional formal en sus programas académicos.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se ha observado un notable incremento en las afecciones vinculadas a la salud cardiovascular, siendo la alimentación inadecuada y el sedentarismo dos de los factores de riesgo más relevantes [1]. Las enfermedades cardiovasculares (ECV), entre las que se encuentran la hipertensión arterial, la obesidad y las patologías coronarias, constituyen una de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel global, según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2019 aproximadamente 17.9 millones de personas fallecieron como consecuencia de enfermedades cardiovasculares, lo que representó el 32% del total de muertes registradas en el mundo [2]. En relación con la etiología de las enfermedades cardiovasculares, existen distintos factores como la edad, antecedentes familiares, consumo de tabaco, alcohol y una dieta poco saludable junto con la falta de ejercicio, es por eso la importancia de adoptar un estilo de vida saludable [3] el cual viene desde una actitud positiva hacia una alimentación saludable incluso desde niños [4]. En este contexto, el nivel de conocimiento sobre nutrición desempeña una función clave

en la toma de decisiones alimentarias basadas en evidencia, contribuyendo a elecciones dietéticas más informadas y saludables. La literatura científica ha establecido que un mayor grado de conocimiento nutricional está correlacionado con una mejora en la calidad de la dieta y una reducción en la prevalencia de enfermedades crónicas, incluidas las patologías cardiovasculares [5, 6], ya que influye en la selección de alimentos, la adecuación de nutrientes y la adherencia a patrones dietéticos saludables con un mayor consumo de frutas y verduras y una menor ingesta de grasas y alimentos no saludables en adultos y jóvenes [7, 8, 9, 10, 11], y así presentar mejores indicadores de salud, como menor índice de masa corporal, menor prevalencia de hipertensión [8, 10] y disminuir el riesgo cardiovascular en la vida adulta [6]. En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo la identificación del nivel de conocimientos en nutrición y el riesgo cardiovascular en estudiantes de diferentes áreas académicas dentro de una institución educativa. La investigación pretende generar información relevante que pueda utilizarse como base para el desarrollo de estrategias de promoción de salud orientadas a la prevención desde el ámbito educativo.

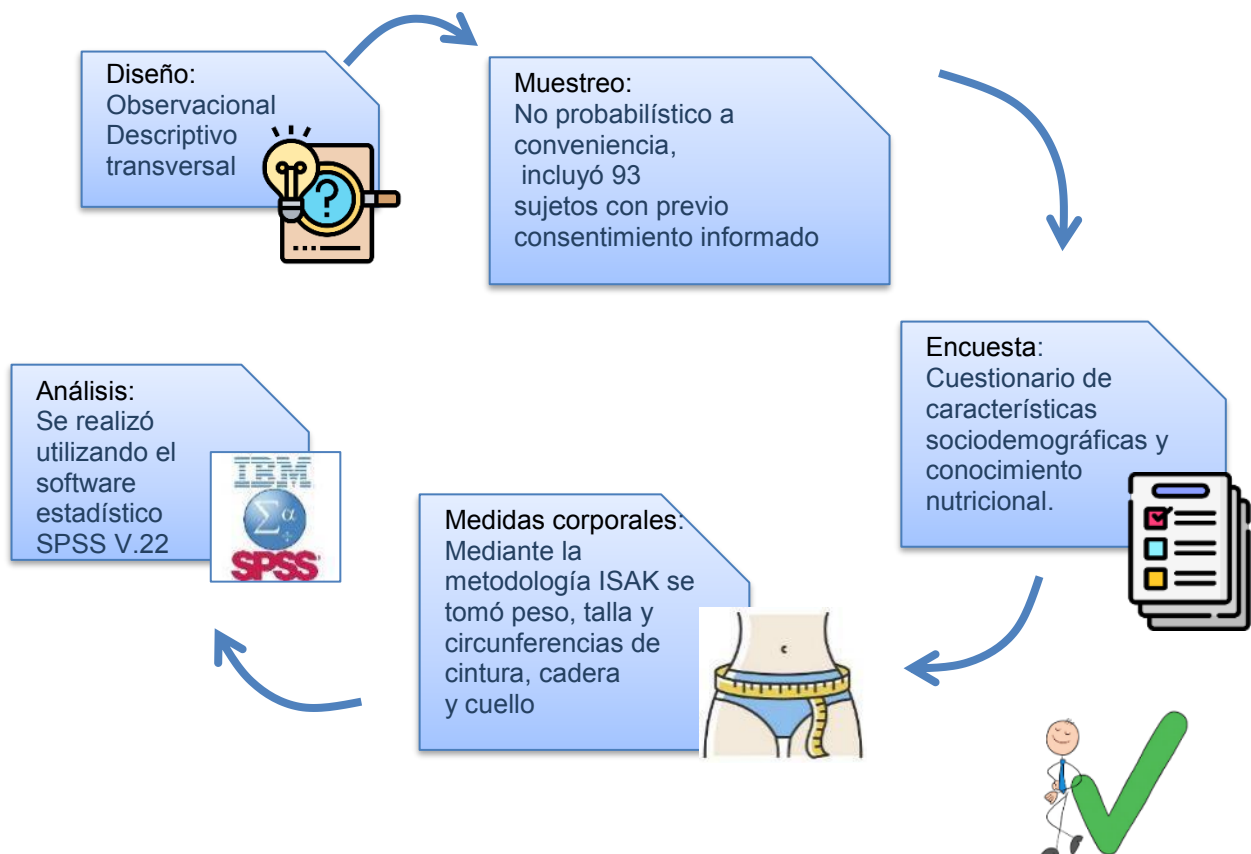
TEORÍA

El conocimiento nutricional se refiere a la comprensión que posee un individuo acerca de los fundamentos de una alimentación equilibrada, el rol fisiológico de los nutrientes y su influencia en el mantenimiento de la salud. Este tipo de conocimiento constituye un factor determinante en la formación y consolidación de conductas alimentarias saludables [12] en este contexto la transición de la educación media superior a la universidad impacta los estilos de vida de los adolescentes, ya que se reduce la intervención familiar en las decisiones alimentarias y se caracteriza por un incremento en la independencia, socialización, autorregulación y organización personal [13]. En este proceso, el conocimiento sobre nutrición y los hábitos alimentarios de los estudiantes universitarios están condicionados por diversos factores, como falta de tiempo debido a los horarios de estudio, factores socioeconómicos, preferencias alimentarias, escaso conocimiento sobre nutrición y la limitada disponibilidad de alimentos saludables en su entorno [14, 15] lo que conlleva a hábitos alimentarios inadecuados, hecho que está fuertemente relacionado con el aumento en el tejido adiposo, obesidad y sus comorbilidades asociadas como enfermedades metabólicas y cardiovasculares [16, 17, 18]. Limitar las grasas saturadas y un consumo adecuado de frutas, verduras, alimentos ricos en fibra y vitaminas, está asociado con una menor tasa de mortalidad por enfermedades cardiovasculares, respiratorias e incluso cáncer [19, 20]. También se vincula con una disminución del riesgo de desarrollar diabetes tipo 2, especialmente en estudiantes universitarios [21], así como en el peso corporal, que a su vez está relacionado con patologías que afectan la calidad de vida tanto a corto como a largo plazo [22]. La obesidad infantil y adolescente está fuertemente relacionada con hipertensión, resistencia a la insulina, dislipidemia y cambios estructurales en el corazón y los vasos sanguíneos, incluso antes de los 20 años [23, 24]. Aunque los adolescentes son comúnmente considerados una población con bajo riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, la creciente prevalencia de factores de riesgo como la obesidad, la hipertensión arterial y la hipercolesterolemia en este grupo etario representa una preocupación significativa desde el punto de vista de la salud pública [25]. Este contexto enfatiza la necesidad de integrar programas de educación nutricional en centros educativos, especialmente en aquellas áreas donde los estudiantes carecen de información suficiente sobre el impacto de sus hábitos alimentarios en la salud cardiovascular, lo cual es crucial para la prevención de enfermedades relacionadas con factores de riesgo metabólicos puesto que diversos investigadores han señalado la adopción de prácticas dietéticas poco saludables entre los estudiantes universitarios, como el aumento en el consumo de comida rápida y alimentos altos en grasas [26]. La educación nutricional proporciona información sobre los alimentos y sus nutrientes, y ofrece las herramientas necesarias para mejorar la nutrición y fomentar hábitos saludables [27]. Los talleres de educación nutricional son una forma eficaz de compartir conocimientos científicos que pueden ayudar a mejorar los hábitos alimenticios de los estudiantes universitarios ya que mejora la calidad de la dieta y elección de alimentos en el hogar [28].

PARTE EXPERIMENTAL

El presente estudio corresponde a un diseño observacional de tipo descriptivo y corte transversal, en estudiantes universitarios de un centro educativo. La muestra fue no probabilística a conveniencia e incluyó 93 alumnos del centro universitario interesados y que consintieron participar, aparte de cumplir con los criterios de inclusión los cuales fueron una edad mayor a 18 años, sin distinción de género y que contestaron la encuesta y accedieron a la toma de mediciones. Se aplicó una encuesta de elaboración propia para recabar los conocimientos de nutrición, asimismo se obtuvieron medidas corporales mediante la metodología ISAK, donde se incluyó el peso, talla, circunferencias de cintura, cadera y cuello. Además, se realizó el cálculo de índice cintura-cadera (ICC) dividiendo perímetro de cintura / perímetro de cadera, se consideró sin riesgo ≤ 0.94 en hombre y ≤ 0.85 en mujer [29]; obesidad abdominal (OA) por circunferencia de cintura se consideró sin riesgo ≤ 90 cm en hombres y ≤ 80 cm en mujeres [30]; el índice de masa corporal (IMC) se clasificó como normal ($18.5\text{-}24.9$ kg/m²), sobrepeso ($25.0\text{-}29.9$ kg/m²) y obesidad (≥ 30.0 kg/m²) [31]; en circunferencia de cuello (CC) se consideró sin riesgo ≤ 37 cm en hombres y ≤ 32 cm en mujeres [32]. Estos parámetros permitieron estimar el estado nutricional y el posible riesgo cardiovascular de los participantes, en relación con los conocimientos nutricionales previamente evaluados. El análisis de datos se realizó utilizando el software estadístico SPSS V.22, mediante frecuencias, medias y desviación estándar para datos como sexo, edad, área de formación y conocimiento, pruebas de Anova para comparar medidas de peso, masa grasa y circunferencias de cintura, cadera y cuello entre las diferentes áreas de estudio y Chi Cuadrada para medir riesgo cardiovascular por los indicadores de ICC, OA, IMC y CC y las áreas de estudio.

Figura 1. Metodología

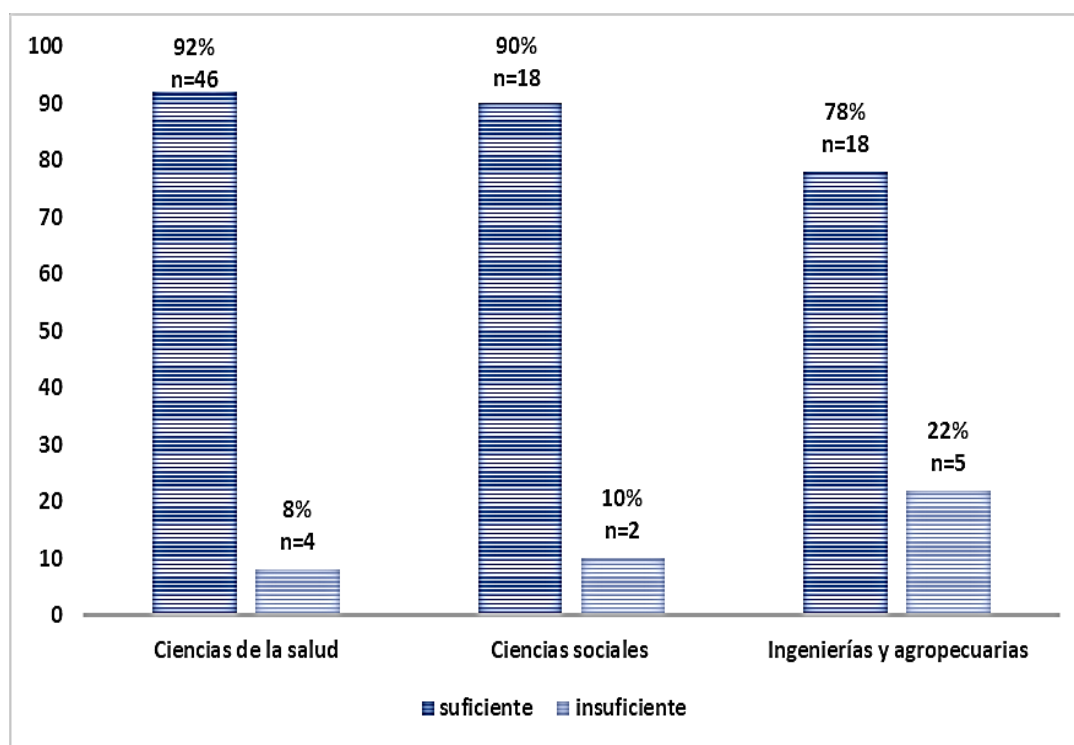


RESULTADOS

Se evaluaron a 93 sujetos, en su mayoría sexo femenino (69.89%, n=65), con una edad promedio de 19.94 ± 1.98 años. El 88.2% (n=82) de los participantes contaban con un conocimiento adecuado de nutrición. En cuanto a su área de formación, el 53.8% (n=50) pertenecía al campo de la salud, el 24.7% (n=20) a las ciencias agropecuarias e ingenierías, y el 21.5% (n=23) a las ciencias sociales.

Dentro del conocimientos por áreas de estudio, el área de salud obtuvo conocimientos más altos, alcanzando un 92%, esto se debe principalmente a la formación académica y al enfoque curricular en temas de salud y nutrición que reciben estos estudiantes [33, 34], seguidos por los de ciencias sociales con un 90%, mientras que el área ingenierías y agropecuarias presentó un mayor porcentaje de conocimiento insuficiente con un 22% como se muestra en la figura 2. Diversos estudios muestran que tanto estudiantes como profesionales en áreas agropecuarias presentan un conocimiento limitado sobre nutrición, lo que afecta su capacidad para tomar decisiones informadas y promover prácticas saludables pues la mayoría de los estudiantes estaban familiarizados con los principios de nutrición, pero carecían de conocimientos esenciales nutrición esencial [35, 36].

Figura 2. Conocimiento de participantes por áreas de estudio.

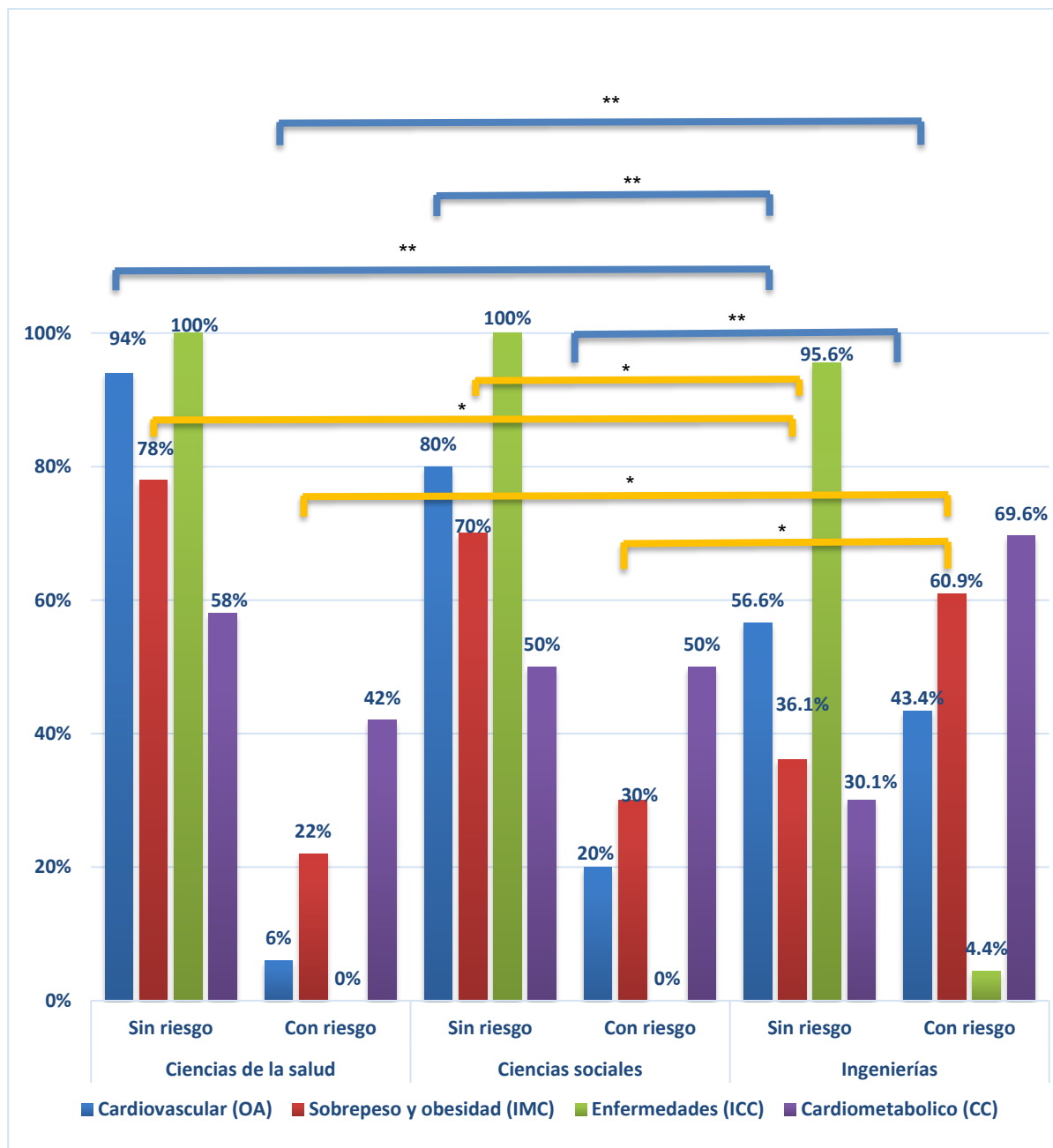


n=submuestra de sujetos.

El área de ingenierías y agropecuarias presentó el menor nivel de conocimiento ya que al no ser carreras relacionadas con salud y nutrición como ingeniería en computación que tienden a ofrecer menos formación en temas de nutrición [37] y una mayor prevalencia de riesgos cardiovasculares, los cuales se reflejaron en los parámetros de circunferencia de cuello en 69.6%, índice de masa corporal (IMC) con un 60.9%, obesidad abdominal con 43.4% e índice de cintura-cadera con un

4.4%. También, se encontró una diferencia significativa entre los grupos en obesidad abdominal (OA) y Índice de Masa Corporal (IMC) ($p < 0.05$) como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Riesgo cardiovascular de participantes por áreas de estudio



Pruebas estadística Chi Cuadrada * $p < 0.05$, ** $p < 0.001$.

OA= Obesidad abdominal, IMC= índice de masa corporal, ICC= índice cintura cadera, CC= Circunferencia Cuello.

Además, se encontró una diferencia significativa entre los grupos en cuanto a peso, masa grasa y las circunferencias de cintura, cadera y cuello ($p < 0.05$) como se muestra en la tabla 1. Se observó que las medidas antropométricas de los estudiantes del área de la salud fueron mucho menores a

comparación de los de ingenierías y agropecuarias, diversos autores mencionan que un mayor conocimiento en nutrición se asocia con menores valores de peso, circunferencia de cintura, cadera, cuello, IMC y otras medidas relacionadas con la adiposidad en adolescentes y adultos jóvenes [38, 39].

Tabla 1. Medidas antropométricas de participantes por áreas de estudio

	Ciencias de la salud (n=50)	Ciencias sociales (n=20)	Ingenierías y agropecuarias (n=23)
Peso (kg)	60.5 ± 10.9a*	63.4 ± 10.7b*	80.9 ± 19.5a,b*
Masa grasa (%)	14.5 ± 7.0a*	16.0 ± 6.2	21.2 ± 12.1a*
Circunferencia de cintura (cm)	72.0 ± 7.7a*	74.3 ± 9.4b*	86.6 ± 11.8a,b*
Circunferencia de cadera (cm)	98.1 ± 7.3a*	99.2 ± 6.6b*	106.4 ± 11.0a,b*
Circunferencia de cuello (cm)	32.3 ± 2.3a*	33.2 ± 3.6b*	37.3 ± 3.9a,b*

Prueba estadística Anova * p < 0.05.

^aCiencias de la salud vs ingenierías

^bCiencias sociales vs ingenierías

n=submuestra de sujetos

CONCLUSIONES

El conocimiento nutricional adecuado puede jugar un papel crucial en la prevención de riesgos cardiovasculares, siendo el grupo de ciencias de la salud el que presentó mayor conocimiento y menor riesgo cardiovascular medido por indicadores indirectos, lo que subraya la necesidad de intervenciones educativas dirigidas a las áreas que no incluyen una formación nutricional formal en sus programas académicos.

El estudio realizado ha permitido obtener una visión clara de las percepciones y prácticas relacionadas con la alimentación y la salud en los jóvenes. Se evidenció que, aunque los participantes poseen un conocimiento básico en nutrición, existen importantes áreas de mejora en cuanto a su comprensión sobre los efectos de una dieta saludable en la prevención de enfermedades cardiovasculares. Los hábitos alimentarios de los estudiantes varían entre diferentes carreras, lo que sugiere que implementar programas educativos sobre estilos de vida saludables podría ser útil para fomentar buenos hábitos entre futuros profesionales de la salud.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lucas-Parrales, E. N., Rodríguez-Pérez, A. S., Vera-Guerrero, M. M., & Valencia-Angulo, A. L. (2025). Prevalencia y factores de riesgo en enfermedades crónicas no transmisibles en adultos. *Polo del Conocimiento*, 10 (3), 2585-2607.
2. World Health Organization (2021). *Enfermedades cardiovasculares*. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)).
3. Organización Panamericana de la Salud (2025). *Enfermedades cardiovasculares*. <https://www.paho.org/es/temas/enfermedades-cardiovasculares>.
4. Romanos-Nanclares, A., Zazpe, I., Santiago, S., Marín, L., Rico-Campà, A., & Martín-Calvo, N. (2018). Influence of Parental Healthy-Eating Attitudes and Nutritional Knowledge on Nutritional Adequacy and Diet Quality among Preschoolers: The SENDO Project. *Nutrients*, 10. <https://doi.org/10.3390/nu10121875>.

5. Ilić N., Petrović J., Vasiljević N., Zivković M., & Ilić G. (2024). Assessment of nutrition knowledge among university students from different academic backgrounds in Serbia. *Nutrients*, 16(22), 3918.
6. Morcel, J., Béghin, L., Michels, N., De Ruyter, T., Drumez, E., Cailliau, É., Polito, A., Donne, C., Barnaba, L., Azzini, E., De Henauw, S., Berges, M., Cacau, L., Moreno, L., & Gottrand, F. (2024). Nutritional and physical fitness parameters in adolescence impact cardiovascular health in adulthood.. *Clinical nutrition*, 43 8, 1857-1864 . <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2024.06.022>.
7. Deroover, K., Bucher, T., Vandelanotte, C., De Vries, H., & Duncan, M. (2020). Practical Nutrition Knowledge Mediates the Relationship Between Sociodemographic Characteristics and Diet Quality in Adults: A Cross-Sectional Analysis. *American Journal of Health Promotion*, 34, 59 - 62. <https://doi.org/10.1177/0890117119878074>.
8. Geaney, F., Fitzgerald, S., Harrington, J., Kelly, C., Greiner, B., & Perry, I. (2015). Nutrition knowledge, diet quality and hypertension in a working population. *Preventive Medicine Reports*, 2, 105 - 113. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2014.11.008>.
9. Carbonneau, É., Lamarche, B., Provencher, V., Desroches, S., Robitaille, J., Vohl, M., Bégin, C., Bélanger, M., Couillard, C., Pelletier, L., Bouchard, L., Houle, J., Langlois, M., Corneau, L., & Lemieux, S. (2020). Associations Between Nutrition Knowledge and Overall Diet Quality: The Moderating Role of Sociodemographic Characteristics—Results From the PREDISE Study. *American Journal of Health Promotion*, 35, 38 - 47.
10. Akkartal, Ş., & Gezer, C. (2020). Is Nutrition Knowledge Related to Diet Quality and Obesity?. *Ecology of Food and Nutrition*, 59, 119 - 129.
11. Sklar, E., Radtke, M., Steinberg, F., Medici, V., Fetter, D., & Scherr, R. (2025). Nutrition Knowledge, Food Insecurity, and Dietary Biomarkers: Examining Fruit and Vegetable Intake Among College Students. *Nutrients*, 17.
12. Spronk, I., Kullen, C., Burdon, C., & O'Connor, H. (2014). Relationship between nutrition knowledge and dietary intake. *Appetite*, 83, 1-10.
13. Sprake, E. F., Russell, J. M., Cecil, J. E., Cooper, R. J., Grabowski, P., & Pourshahidi, L. K. (2018). Dietary patterns of university students in the UK: A cross-sectional study. *Nutrition Journal*, 17, Article 90.
14. Leila-Cheikh I., Tareq-Osaili M., Maysma-Mohamad N., Hashim, M., Stojanovska, L., Al-Daour, R., Dalal N., Hanoof A., Nouf-Sultan A., Lojain E., Sheikha B., Amjad-Jarrar H., Al Dhaheri-Ayesha S. & Hayder H (2022). Psychosocial factors affecting dietary habits of university students: A cross-sectional study. *Heliyon*, 8(6).
15. Sogari, G., Velez-Argumedo, C., Gómez, M. I., & Mora, C. (2018). College students and eating habits: A study using an ecological model for healthy behavior. *Nutrients*, 10(12), 1823.
16. Yahia, N., Brown, C., Rapley, M., & Chung, M. (2014). Assessment of college students' awareness and knowledge about conditions relevant to metabolic syndrome. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 6(1).
17. Scazzocchio, B., Vari, R., Silenzi, A., Giammarioli, S., Masotti, A., Baldassarre, A., Santangelo, C., D'Archivio, M., Giovannini, C., Cornò, M., Conti, L., Gessani, S., & Masella, R. (2019). Dietary habits affect fatty acid composition of visceral adipose tissue in subjects with colorectal cancer or obesity. *European Journal of Nutrition*, 59, 1463-1472.
18. Fuster, J., Ouchi, N., Gokce, N., & Walsh, K. (2016). Obesity-Induced Changes in Adipose Tissue Microenvironment and Their Impact on Cardiovascular Disease. *Circulation research*, 118 11, 1786-807.
19. Petermann, F., Labraña, A. M., Duran, E., Leiva, A. M., Martínez, M., Salas, C., Garrido-Méndez, A., & Celis-Morales, C. (2018). El consumo de frutas y verduras se asocia a menor mortalidad: 5 porciones al día es bueno, ¡pero 10 serían mejor! *Revista Chilena de Nutrición*, 45(2), 183–185.
20. Mazur, M., Przytula, A., Szymańska, M., & Popiolek-Kalisz, J. (2024). Dietary Strategies for Cardiovascular Disease Risk Factors Prevention.. *Current problems in cardiology*, 102746. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2024.102746>.
21. Saavedra-Clarke, S., Araneda-Flores, J., Parra-Soto, S., Mauricio-Alza, S., Morales, G., Landaeta-Díaz, L., Gómez, G., Murillo, G., Carpio-Arias, T. V., Nuñez-Martínez, B. E., Meza-Miranda, E., Bejarano-Rocancio, J. J., Nava-Gonzalez, E. J., Cavagnari, B., Cerdón-Arrivillaga,

- K., Ríos-Castillo, I., & Durán-Agüero, S. (2023). Factors associated with the consumption of fruits and vegetables in latin american university students. *Revista Chilena de Nutrición*, 50(6), 654-660.
22. Hernández-Corona, D. M., Ángel-González, M., Vázquez-Colunga, J. C., Lima-Colunga, A. B., Vázquez-Juárez, C. L., & Colunga-Rodríguez, C. (2021). Hábitos de alimentación asociados a sobrepeso y obesidad en adultos mexicanos: una revisión integrativa. *Ciencia y Enfermería*, 27.
23. Andersson, C., & Vasan, R. (2018). Epidemiology of cardiovascular disease in young individuals. *Nature Reviews Cardiology*, 15, 230-240.
24. Königstein, K., Büschges, J., Schmidt-Trucksäss, A., & Neuhauser, H. (2023). Cardiovascular Risk in Childhood is Associated With Carotid Intima-Media Thickness and Stiffness in Adolescents and Young Adults: The KiGGS Cohort.. *The Journal of adolescent health : official publication of the Society for Adolescent Medicine*.
25. López-González, J., Sánchez, M. J., & Rodríguez, J. A. (2018). Prevalencia de factores de riesgo cardiovascular en estudiantes universitarios. *Revista de Epidemiología y Salud Pública*, 40(3), 220-229.
26. Aviles-Peralta, Y. A., Hernández-Somarriba, I. L., Rojas-Roque, C., Rodríguez, E., & Ríos-Castillo, I. (2023). Nivel de conocimiento sobre nutrición y su asociación con las prácticas alimentarias y la obesidad entre estudiantes universitarios. *Revista chilena de nutrición*, 50(2), 147-158.
27. FAO (2024). Parte II: *Nutrición básica*. Fao.org. <https://www.fao.org/4/w0073s/w0073s0c.htm>
28. Davidson, K. A., Kropp, J. D., Mullally, C., & Rahman, M. W. (2021). Can simple nudges and workshops improve diet quality? Evidence from a randomized trial in Bangladesh. *American Journal of Agricultural Economics*, 103(1), 253-274.
29. Zermeno-Ugalde P., Gallegos-García V, Castro-Ramírez R. A., & Gaytán-Hernández D. (2020). Relación del índice cintura-estatura (ICE) con circunferencia cintura e índice de cintura cadera como predictor para obesidad y riesgo metabólico en adolescentes de secundaria. *Revista Salud Pública y Nutrición*. 19 (3), 19-27.
30. Campos-Nonato, I., Galván-Valencia, Ó., Hernández-Barrera, L., Oviedo-Solís, C., & Barquera, S. (2023). Prevalencia de obesidad y factores de riesgo asociados en adultos mexicanos: resultados de la Ensanut 2022. *Salud pública de México*, 65, s238-s247.
31. Hernández Rodríguez J., Moncada Espinal O. M., & Arnold Domínguez Y. (2018). Utilidad del índice cintura/cadera en la detección del riesgo cardiometabólico en individuos sobrepesos y obesos. *Revista Cubana de Endocrinología*. 29 (2), 1-16.
32. Caro P., Guerra X., Canals, A., Weisstaub, G., & Sandaña C. (2019). Is neck circumference an appropriate tool to predict cardiovascular risk in clinical practice? A cross-sectional study in Chilean population. *BMJ Open*, 9 (11).
33. Franklin, A., Pope, B., Taylor, B., Harris, P., Wyatt, B., & Hongu, N. (2016). Improvements in Conscious Eating Behaviors in Undergraduate Nutritional Science Students. *The FASEB Journal*, 30.
34. Neufeld, L., Ho, E., Obeid, R., Tzoulis, C., Green, M., Huber, L., Stout, M., & Griffiths, J. (2023). Advancing nutrition science to meet evolving global health needs. *European Journal of Nutrition*, 62, 1-16.
35. Mafugu, T. (2020). Assessment of high school learners' familiarity with nutrition education principles. *European Journal of Clinical Nutrition*, 75, 392-399.
36. Parlak, M. E., & Ener, D. (2023). Nutritional knowledge levels and food preferences of teachers. *Medicine Science*, 12(1).
37. Enemchukwu, E., & Agbaje, S. (2016). Nutrition knowledge of young, post-year one, non-biological science female students at a private university in Rivers State, Nigeria. *Orient Journal of Medicine*, 28, 94-99.
38. Sümen, A., & Evgin, D. (2022). A cross-sectional study examining self-reported anthropometric measurements with adolescents' nutrition attitudes, obesity awareness and diet quality indices during the pandemic. *Journal of Pediatric Nursing*, 64, 133 - 140.
39. Kafadar, G., & Günaydi, Z. (2025). Anthropometric Measurements and Weight Management Nutrition Knowledge: A Cross-Sectional Study in Turkey. *Ecology of food and nutrition*, 1-15.

ADHESIÓN BACTERIANA EN MATERIALES TERMOPLÁSTICOS: RETENEDORES ESSIX® Y ALINEADORES ALIWELL® EMPLEADOS EN ORTODONCIA

Cecilia Hernández Morales¹, Liliana De La Fuente Cabrera , Alfredo Facio Umaña¹ María De Lourdes Sandoval Rivas¹ , Agustina Moreno ² Zoila Delgadillo Delgadillo ¹ Astrid Rodríguez Andrade¹

¹facultad De Odontología U.T. ² Facultad De Ciencias Biologicas Universidad Autónoma De Coahuila

RESUMEN

La ortodoncia es un tratamiento dental altamente demandado, el cual es manejado de diferente manera de acuerdo con la problemática de cada paciente como mal posiciones dentarias, anomalías dentofaciales y los trastornos maxilofaciales.

La alineación de los dientes se realiza por medio del uso de alineadores transparentes que son removibles y fáciles de usar; así mismo, los retenedores utilizados posterior al tratamiento de ortodoncia se ha convertido en una parte fundamental para mantener posiciones dentarias y evitar reincidencia de maloclusiones

EL uso de aparatos de ortodoncia fijos puede dificultar las medidas de limpieza y la práctica de higiene bucal, lo que resulta en un mayor riesgo de placa dentobacteriana , inflamación gingival y el riesgo de daño al tejido periodontal

Objetivo -: Determinar la adhesión bacteriana en materiales termoplásticos: retenedores Essix® y alineadores Aliwell® empleados en ortodoncia

Materiales y métodos: Estudio descriptivo, comparativo, in vitro. Se emplearon 2 tipos de materiales termoplásticos utilizados en ortodoncia: 20 retenedores Essix® (10 superiores y 10 inferiores) y 20 alineadores Aliwell® (10 superiores y 10 inferiores), ambos utilizados en cavidad oral y siendo recolectados transcurridas 3 semanas según tratamiento de ortodoncia previa firma de consentimiento informado. Los alineadores/retenedores se introdujeron en 40 ml de medio de cultivo BHI y se incubaron durante 24 horas a 37°C. Una vez transcurridas las 24 horas se realizó la técnica de unidades formadoras de colonias UFC/ML para determinar adhesión bacteriana, así como Tinción de Gram para observar las bacterias microscópicamente.

Resultado: Se encontró una mayor adherencia bacteriana en los alineadores Aliwell® en comparación con los retenedores Essix®, con una diferencia estadísticamente significativa. Sin embargo, al comparar la adherencia bacteriana entre los alineadores Aliwell® superior e inferior y los retenedores Essix® superior e inferior, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Conclusiones: De acuerdo con los resultados obtenidos encontramos mayor adherencia bacteriana en alineadores Aliwell ® en comparación con los retenedores Essix ® sin diferencia estadística significativa. Estas diferencias pueden deberse a la composición química e influir en la adherencia bacteriana. La prevención de la colonización bacteriana debe ser parte integral del tratamiento ortodóntico, combinando materiales adecuados con una educación de higiene bucal efectiva al paciente.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de ortodoncia representa una excelente opción para abordar diversos grados de complejidad en las maloclusiones. Este tratamiento puede llevarse a cabo mediante aparatos fijos o removibles.

En la actualidad, los dispositivos ortodónticos removibles, como los retenedores Essix® y los alineadores Aliwell®, han ganado popularidad debido a su estética, comodidad y funcionalidad. Sin embargo, su uso prolongado en la cavidad oral favorece la formación de biopelículas bacterianas, lo cual, sumado a una higiene oral deficiente, puede comprometer la salud bucodental del paciente (Marsh, 2005).

Los aparatos removibles transparentes han reemplazado parcialmente a los tradicionales retenedores metálicos y brackets. Los retenedores Essix®, comúnmente fabricados a partir de copolímero de acetato de vinilo-etileno (EVA) o polietileno tereftalato glicol (PET-G), y los alineadores Aliwell®, elaborados con materiales multicapa de alta tecnología, constituyen actualmente dos de las opciones más utilizadas. La exposición constante de estos dispositivos al entorno oral plantea preocupaciones relacionadas con la adherencia bacteriana y la formación subsecuente de biopelículas (Ahn, H.-W., Kim, K. A., & Kim, S.-H., 2015).

Las propiedades fisicoquímicas del material juegan un papel clave en la colonización microbiana, entre ellas:

Rugosidad superficial: Una superficie más rugosa proporciona microambientes donde las bacterias pueden adherirse y multiplicarse con mayor facilidad.

Carga superficial: Las interacciones electrostáticas entre las bacterias y el material también afectan la colonización inicial.

El proceso de adhesión bacteriana inicia mediante interacciones fisicoquímicas reversibles (como las fuerzas de Van der Waals y atracciones electrostáticas), y progresa hacia anclajes irreversibles mediados por estructuras especializadas como fimbrias, adhesinas y la producción de matriz extracelular, lo que facilita la formación de biopelículas. (Donlan, 2002)

.

TEORÍA

El tratamiento de ortodoncia, una rama de la odontología, es una disciplina de larga duración con posibles efectos secundarios. Las complicaciones más comunes son la reabsorción radicular, el dolor, los cambios pulpaes, la irritación y enfermedad periodontal, la descalcificación y la disfunción temporomandibular. Los alineadores transparentes se introdujeron en 1997

El retenedor Essix® es un dispositivo utilizado en ortodoncia, fabricado en plástico transparente mediante láminas de policarbonato o PET-G termoformado. Se emplea al finalizar el tratamiento de ortodoncia con el propósito de mantener los dientes en su nueva posición. Su objetivo principal es estabilizar el hueso y los ligamentos periodontales, evitando que regresen así a su posición inicial (recaída).

Los alineadores Aliwell® Los alineadores están hechos con 3FLXPlus, material tricapa, capas exteriores de polietileno teraftalato y capa interior de poliuretano. El material tiene un grosor de 0.75mm. se utilizan como una alternativa estética, cómoda y removible a los brackets tradicionales para el tratamiento de ortodoncia. Están diseñados para corregir problemas de alineación dental y maloclusiones (problemas en la mordida) están fabricados con un material de tres capas que proporciona mayor resistencia, comodidad y control biomecánico durante el tratamiento Kau, C. H., Soh, J., Christou, T., & Mangal, A. (2023).

Las biopelículas orales son comunidades microbianas adheridas a superficies bucales, embebidas en una matriz extracelular que les proporciona cohesión y protección; desempeñan un papel fundamental en la salud y enfermedad bucodental, ya que su formación y maduración están asociadas a patologías como la caries y la periodontitis. Liébana Ureña, J. (2002)

Su presencia afecta el éxito de tratamientos como implantes, ortodoncia, prótesis y dispositivos removibles como retenedores y alineadores ya que favorecen la adherencia y la proliferación de bacterias patógenas como *Streptococcus mutans*, *Porphyromonas gingivalis* y *Fusobacterium nucleatum*

PARTE EXPERIMENTAL

Se realizó un estudio experimental in vitro en el que participaron 40 pacientes con un promedio de edad de 31 años, de los cuales el 70 % eran mujeres y el 30 % hombres. Un primer grupo utilizó 20 retenedores de la marca Essix® correspondientes a ambas arcadas, (10 superiores y 10 inferiores) utilizados por los pacientes durante tres semanas en cavidad oral, según indicación ortodóntica.

y un segundo grupo, 20 alineadores de la marca Aliwell® correspondientes a ambas arcadas (10 superiores y 10 inferiores) , durante tres semanas de uso en cavidad oral, según la indicación del tratamiento ortodóntico, y previa firma del consentimiento informado por parte de los participantes. Posteriormente, los retenedores/alineadores se colocaron en 40 ml de medio de cultivo BHI y se incubaron durante 24 horas a 37 °C.

Transcurrido este tiempo, se cuantificaron las bacterias viables presentes en los alineadores/retenedores mediante diluciones seriadas, utilizando la técnica de unidades formadoras de colonias (UFC/mL). Además, se realizó tinción de Gram para la caracterización morfológica y tincional de los microorganismos.

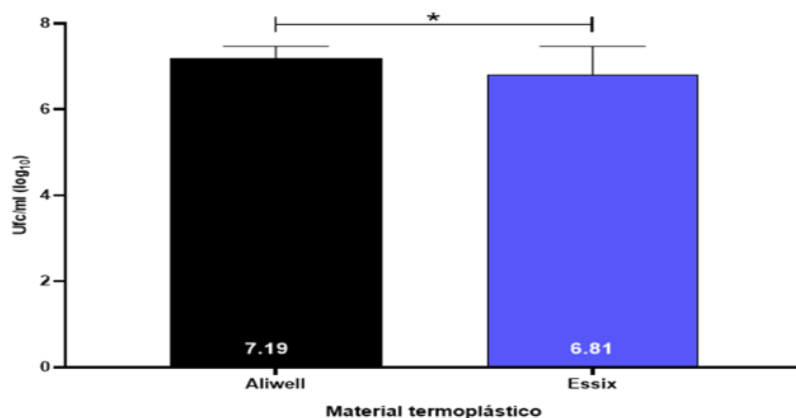
Se realizó estadística descriptiva. Los datos fueron normalizados con log10, y para la comparación de los materiales termoplásticos se realizó T de Student en un paquete estadístico Graph Pad Prism. La significancia se consideró cuando $P < 0.05$.

RESULTADOS

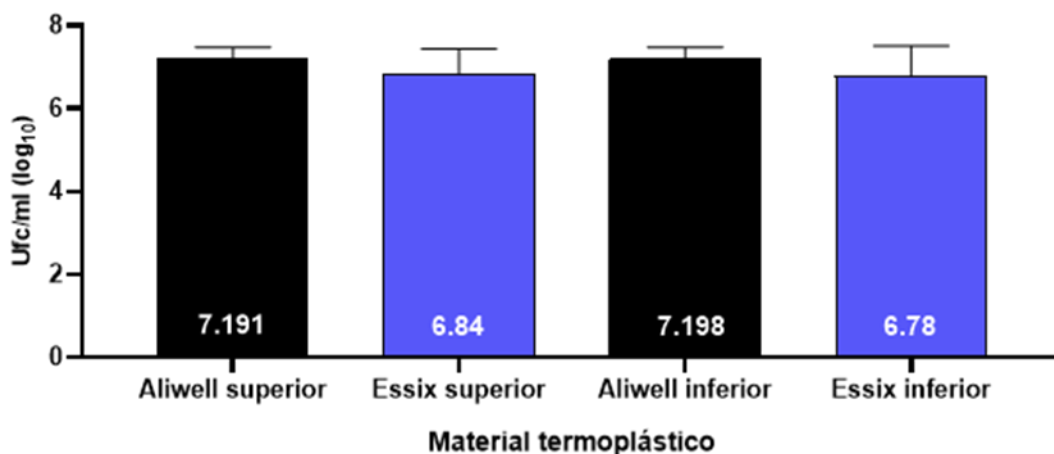
Se encontró una mayor adherencia bacteriana (UFC/mL) en alineadores Aliwell®, con un valor promedio de 7.19 UFC, en comparación con retenedores Essix®, que presentó 6.81 UFC, mostrando una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.0218$), como se observa en la Gráfica 1.

Sin embargo, al analizar los rangos de adherencia bacteriana (UFC/mL) dentro de cada material termoplástico, no se encontraron diferencias significativas. Para alineadores Aliwell®, los valores oscilaron entre un límite inferior de 7.191 y superior de 7.198; mientras que para los retenedores Essix®, el rango fue de 6.78 a 6.84, como se muestra en la Gráfica 2.

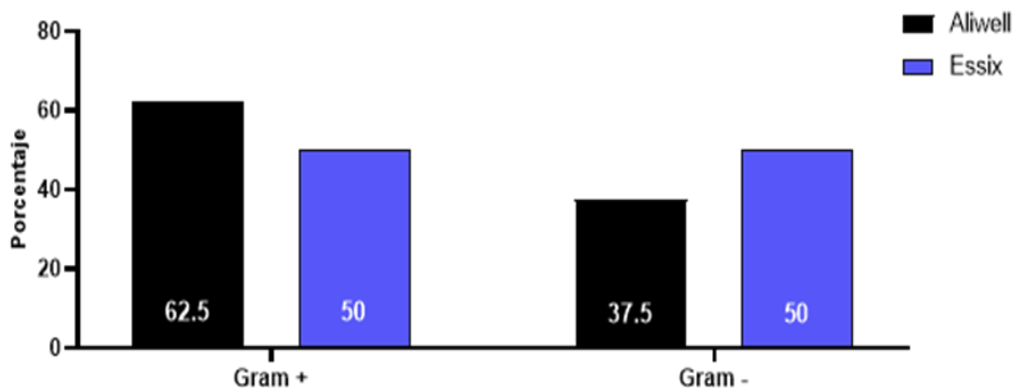
En los resultados de tinción de Gram (Gráfica 3) se encontró mayor presencia de bacterias de Gram positivas en Aliwell con 62.5% las cuales incluyen géneros como *Streptococcus*, *Actinomyces* y *Lactobacillus*, que son comunes en la microbiota oral y frecuentemente implicadas en la formación de biopelículas y caries dental y en Essix® el 50% fueron Gram negativas como *Porphyromonas*, *Fusobacterium* o *Prevotella*, están más asociadas con enfermedades periodontales y procesos inflamatorios



Gráfica 1. Promedio de adhesión bacteriana (UFC/ml(log₁₀) en retenedores de la marca Essix® y alineadores Aliwell® de materiales termoplásticos. (p = 0.0218),



Gráfica 2. Promedio de adhesión bacteriana (UFC/ml(log₁₀) en retenedores de la marca Essix® correspondientes a ambas arcadas, (10 superiores y 10 inferiores) y en alineadores Aliwell® correspondientes en ambas arcadas (10 superiores y 10 inferiores) de materiales termoplástico



Gráfica 3. Porcentaje de bacterias adheridas alineadores Aliwell ® y en retenedores Essix ® .Tinción de Gram

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos encontramos mayor adherencia bacteriana en alineadores Aliwell ® en comparación con los retenedores Essix ® .

Estas diferencias puede deberse a la composición química e influir en la adherencia bacteriana. La prevención de la colonización bacteriana debe ser parte integral del tratamiento ortodóntico, combinando materiales adecuados con una educación de higiene bucal efectiva al paciente.

BIBLIOGRAFÍA

1. A. G. Evans, "Perspectiva on the development of high-toughness ceramics", J. Am. Ceram. Soc., Vol. 73, 2, 1990, pp. 187-206.
2. Ahn, H.-W., Kim, K. A., & Kim, S.-H. (2015). A new type of clear orthodontic retainer incorporating multi-layer hybrid materials. Korean Journal of Orthodontics, 45(5), 268–272. <https://doi.org/10.4041/kjod.2015.45.5.268>
3. Donlan, R. M. (2002). Biofilms: Microbial life on surfaces. Emerging Infectious Diseases, 8(9), 881–890. <https://doi.org/10.3201/eid0809.020063>
4. Liébana Ureña, J. (2002). Microbiología oral: Microorganismos. Madrid: Ediciones
5. Marsh, P. D. (2005). Dental plaque: Biological significance of a biofilm and community life-style. Journal of Clinical Periodontology, 32(Suppl 6), 7–15. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2005.00790>
6. T. Kreis, "Speckle Metrology," in *Holographic Interferometry* (Akademie Verlag Inc., New York, NY, 1996), Chapter 4, pp. 125-149.
7. Kau, C. H., Soh, J., Christou, T., & Mangal, A. (2023). Orthodontic Aligners: Current Perspectives for the Modern Orthodontic Office. Medicina (Kaunas, Lithuania), 59(10), 1773. <https://doi.org/10.3390/medicina59101773>

BÚSQUEDA DE CEPAS DE *Mycobacterium Tuberculosis* CON DISCREPANCIAS ENTRE SU SUSCEPTIBILIDAD FENOTÍPICA Y LA GENOTÍPICA A LOS ANTIBIÓTICOS DE PRIMERA LÍNEA

Oziel Reyes Rodriguez, Andrea Monserrat Negrete Paz, Gerardo Vázquez Marrufo y Ma. Soledad Vázquez Garcidueñas

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
soledad.vazquez@umich.mx

RESUMEN

La tuberculosis es una enfermedad respiratoria que nos ha acompañado a través de los años, durante la enfermedad es crucial obtener un perfil de resistencia a los antibióticos para tratar la infección de manera óptima, sin embargo. El perfil puede determinarse de manera fenotípica y genotípica, sin embargo, estos perfiles pueden discrepar entre ellos causando incertidumbre y un mal esquema de tratamiento. En este trabajo se evaluaron las discrepancias que se reportan en la base de datos BVBC durante el año 2025 a nivel global. Además, de que se actualizaron los perfiles genotípicos de las cepas para validar discrepancias actualizadas usando la herramienta Mykrobe. Se encontró un total de 42,154 genomas disponibles de MTB. No se cuenta con perfiles de resistencia a la pirazinamida de manera computacional. Se reportan un total de 2,738 genomas con discrepancias entre ellos a antibióticos de primera línea. Siendo la estreptomina el más discrepante entre ellos con un total de 1415. La corrección del perfil genotípico con la herramienta Mykrobe logró generar el perfil de 2491 genomas discrepantes y actualizando los perfiles se encontró un total de 831 genomas discrepantes entre ellos. Siendo ahora el antibiótico con mayor número de discrepancias el Etambutol con un total de 343 discrepancias.

INTRODUCCIÓN

La tuberculosis es una enfermedad que afecta al mundo entero, se cuenta con varios fármacos para el tratamiento de la infección, Los fármacos de primera línea son cinco antibióticos administrados durante la enfermedad. Sin embargo, es bien sabido que la micobacteria es capaz de adquirir resistencia a estos medicamentos disponibles lo cual dificulta la eliminación de la enfermedad. La búsqueda de los perfiles de resistencia a los antibióticos usados es considerada parte del diagnóstico para evaluar la enfermedad y formar un tratamiento óptimo y eficiente. Las pruebas fenotípicas tienen un alto nivel de sensibilidad para detectar resistencia y la presencia de la enfermedad, sin embargo, requieren tiempo, personal y equipo especializado que no se suele encontrar en países de bajo desarrollo. El diagnóstico de resistencia genotípica evalúa mutaciones en genes diana de los fármacos denominados genes canónicos. Por lo tanto, es importante combinar ambos tipos de diagnóstico tanto fenotípico como genotípico para obtener un diagnóstico certero. Suelen presentarse discrepancias entre estos métodos los cuales dificultan un tratamiento óptimo, estas discrepancias se pueden atribuir a diferentes factores genéticos de la bacteria. Unos de los más comunes suelen ser los mecanismos genéticos compensatorios debido a mutaciones en regiones que no se conocen aún, por lo cual es crucial evaluarlos y conocerlos. En el presente trabajo se estudiaron discrepancias reportadas en bases de datos públicas en cepas de MTB a nivel global de una base de datos especializada y pública.

TEORÍA

La tuberculosis es una enfermedad derivada del patógeno bacteriano *Mycobacterium tuberculosis*. Durante la infección se administran inicialmente cinco antibióticos antituberculosos: Rifampicina (RIF), Isoniazida (INH), Estreptomina (STR), Etambutol (EMB) y Pirazinamida (PZA). Se administran de manera continua durante los primeros dos meses, y se continúa durante cuatro meses únicamente con Rifampicina e Isoniazida (1). Es bien sabido que hay resistencia asociada a algunos de estos fármacos por diversos mecanismos. Si la resistencia está presente es importante conocer si el perfil de la cepa es multidrogorresistente (MDR-TB), con resistencia a Rifampicina e

Isoniazida; Extremadamente resistentes (XDR-TB), resistentes a RIF, INH y fluoroquinolonas y algún fármaco inyectable. O las más preocupantes las completamente resistentes (1). Se sabe que la resistencia se debe principalmente a mutaciones en genes que codifican para las dianas de los fármacos. La resistencia a la Rifampicina se asocia con mutaciones en el gen *rpoB* que codifica a una subunidad β de la ARN polimerasa. La Isoniazida presenta mutaciones en los genes *katG* o *inhA* que codifica para diferentes proteínas que inhiben la síntesis de ácidos micólicos. El Etambutol es un agente bacteriostático que interfiere en la formación de arabinogalactano de la pared celular, la resistencia se asocia a mutaciones en el operón *embCAB*. Mutaciones en el gen *pncA* se asocian con la resistencia a Pirazinamida. La estreptomycin impide la síntesis de proteínas al bloquear subunidades del ribosoma, asociado a mutaciones en los genes *rpsL* y *rrs* (1). Los métodos de diagnósticos actuales ayudan a predecir la enfermedad e informar la posible capacidad de ser resistentes a algunos de los fármacos mencionados. Estos métodos se basan en los métodos de diagnóstico de laboratorio (Medios sólidos y líquidos) los cuales se caracterizan por ser lentos para obtener el diagnóstico. Los métodos genotípicos que consisten en la detección de mutaciones en genes canónicos mencionados anteriormente, ayudan a reducir los tiempos de diagnóstico y brindan información de resistencia. Sin embargo, no abarcan muchas mutaciones en diferentes genes o brindan información de falsos positivos (3). Por ello actualmente una mejor estrategia es la búsqueda *in silico* de todas las mutaciones reportadas con asociación a una resistencia en los genomas secuenciados de cepas y su comparación con la resistencia detectada en medios sólidos o líquidos. Los métodos de detección de resistencia pueden no ser perfectos y haber discordancias entre los resultados genotípicos y fenotípicos. Por ello en este trabajo se detectaron cepas con discrepancias entre ambas resistencias.

PARTE EXPERIMENTAL

Mediante la base de datos de agentes microbiológicos Bacterial and Viral Bioinformatics Resource Center (BVBRC) se obtuvieron todos los genomas globales disponibles de MTB. Se creó un script personalizado de Python con la biblioteca de Pandas para obtener la información relevante de MTB y metadatos relacionados como: SRA, País de aislamiento, Fecha, Resistencia a antibióticos, Calidad de secuenciación y Método de predicción de resistencia.

Se descargaron los genomas con las herramientas del NCBI para trabajar archivos de secuenciación SRA. Prefetch y Fasterq-dump.

Se creó un script mediante Python usando la librería de pandas para verificar las inconsistencias entre los métodos de predicción de MTB para identificar posibles inconsistencias entre las cepas. Se obtuvieron los perfiles nuevos de resistencia con la herramienta bioinformática de Mykrobe (v0.13.0) para las cepas que presenten inconsistencias.

Se Actualizó la resistencia y se reportaron cuántos genomas se mantienen con inconsistencias predichas entre sus métodos.

RESULTADOS

En la base de datos BVBRC se encuentra información disponible de genomas de *Mycobacterium tuberculosis* en búsqueda simple un total de 42,154 datos asociados a MTB.

Se filtro la siguiente información de los datos crudos obtenidos:

- Genomas de buena calidad
- Genomas con información disponible de resistencia asociada a antibióticos con ambos métodos de resistencia genotípicos y fenotípicos.
- Archivos de lecturas de secuenciación del NCBI (SRA), que no sean duplicados, ni que tuvieran más de una muestra múltiples identificadores SRA.

Finalizada la limpieza se filtraron 5,169 genomas con las características deseadas. Los genomas

con las características requeridas con mayor numero son de Canadá (21%), UK (8%), China (7%), Italia, Sudáfrica, Pakistán. Además de que el año con mayor número de registros de la base de datos fueron el 2007 fue el año con mayor número de registros de la base de datos. Mediante un script de Python. se obtuvo los perfiles de resistencia a los antibióticos de los genomas. Se limpiaron y filtraron las muestras que presentaran reportes para antibióticos de primera línea (RIF, INH, STR, EMB, PZA). En total resultaron 2,738 cepas con inconsistencias en al menos a un antibiótico de primera línea. No se encontró información asociada al perfil genotípico de la PZA de los datos obtenidos de la base de datos BVBC. La estreptomycin (1415) fue el antibiótico que más discrepancias obtuvo en todas las muestras de las bases de datos, en segundo lugar, tenemos a la rifampicina (1109), seguido del etambutol (771), y la isoniazida (579) con el menor número de discrepancia. De los SRA con discrepancias se realizó su perfil genotípico de resistencia con Mykrobe. Se obtuvo el perfil genotípico con Mykrobe de 2,491 genomas de los 2,738. De los cuales se verificó si se actualizó el perfil genotípico (Computacional de la base de datos vs Mykrobe) y corregir la discrepancia de las cepas inconsistentes de la base de datos. Los datos de Mykrobe nos arrojan diferentes resultados. Se encontró un genoma que pertenece a la especie *M. bovis*. Los linajes más frecuentes fueron los L3 (1415), L4.1.2.1 (980), L2.2 (900), L4.10 (735). Con Mykrobe se encontró un total de 831 cepas que presentaban aun inconsistencias entre los métodos genotípicos y fenotípicos. Mykrobe resolvió 1903 genomas, de los cuales 835 aún siguieron presentando inconsistencia. El antibiótico con más inconsistencias ahora fueron los siguientes en el mismo orden Etambutol (343), Isoniazida (294), Pirazinamida (184), Rifampicina (170) y la Estreptomycin (132) (Fig. 1).

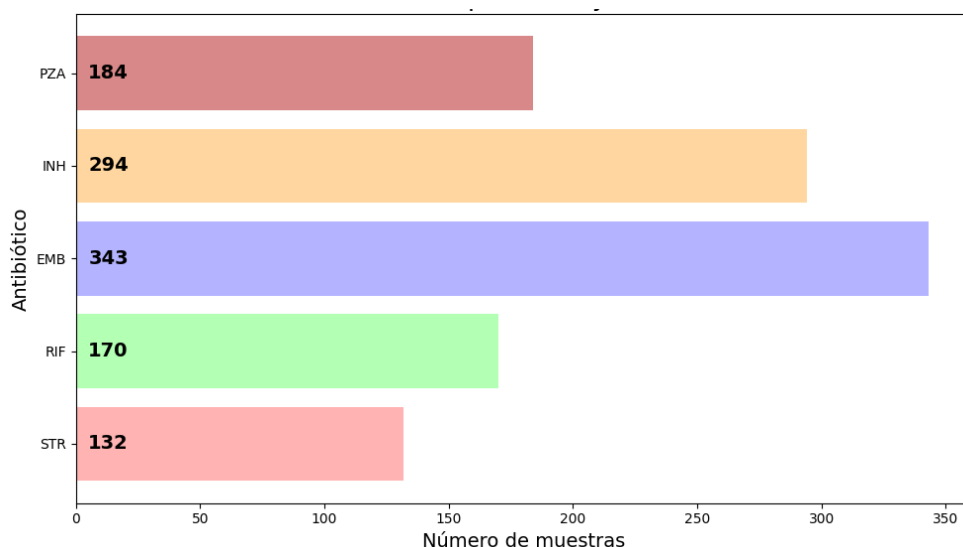


Fig.1 Discrepancias de los genomas actualizados con Mykrobe. PZA: Pirazinamida, INH: Isoniazida, EMB: Etambutol, RIF: Rifampicina, STR: Estreptomycin

CONCLUSIONES

El alto número de discrepancias entre la resistencia fenotípica y genotípica a los antibióticos de primera línea en cepas de MTB indican la importancia de hacer la búsqueda de mutaciones en genomas completos.

Hay un número considerable de inconsistencias entre la susceptibilidad a los antibióticos de primera línea en genomas de MTB a nivel global tanto fenotípicamente como genotípicamente. Es importante identificar y ampliar el número de mutaciones encontradas que estén asociadas con un fenotipo resistente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Palomino JC, Martin A. Drug Resistance Mechanisms in Mycobacterium tuberculosis. Antibiotics [Internet]. septiembre de 2014 [citado el 26 de mayo de 2025];3(3):317–40. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2079-6382/3/3/317>
2. Remm S, Earp JC, Dick T, Dartois V, Seeger MA. Critical discussion on drug efflux in Mycobacterium tuberculosis. FEMS Microbiol Rev [Internet]. el 18 de enero de 2022 [citado el 21 de octubre de 2024];46(1):fuab050. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/femsre/fuab050>
3. Ahmad S, Mokaddas E, Al-Mutairi N, Eldeen HS, Mohammadi S. Discordance across Phenotypic and Molecular Methods for Drug Susceptibility Testing of Drug-Resistant Mycobacterium tuberculosis Isolates in a Low TB Incidence Country. PLOS ONE [Internet]. el 20 de abril de 2016 [citado el 26 de mayo de 2025];11(4):e0153563. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0153563>

EL IMPACTO DE LA POLIFARMACIA EN LA CALIDAD DE VIDA DE LOS ADULTOS MAYORES DE PUEBLA. 2025

Evili Báez Castillo¹, Reyna Jazmín Gomez Jimenez¹, Hugo Carmona Benítez², Claudia Susana Luna Salgado^{3,4}, Alberto Ramírez Mata⁵ y Claudia Mancilla Simbro⁶

¹Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Boulevard Valsequillo y Avenida San Claudio, s/n, Cubo 1 Edificio ING 5, Ciudad Universitaria, Puebla, C.P. 72570, Centro de Estudios Justo Sierra, Badiguarato, Sinaloa. ²Complejo Regional Centro sede San José Chiapa BUAP. Blvd. Audi Sur, 75012 Cdad. Modelo, Pue. ³Médico especialista en medicina familiar. ⁴Directora del sistema para la carrera de maestras y maestros. Calle Jesús reyes Heróles, s/n, col. Nueva aurora, Puebla, pue. C. P. 72070. ⁵Lab. de la Interacción bacteria-planta, Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Edif. 103J, Av. San Claudio S/N, Col. San Manuel, Puebla Pue. México. CP 72570 <https://orcid.org/0000-0002-2119-2254>. ⁶HybridLab. Fisiología y Biología Molecular de Células Excitables - Instituto de Fisiología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla México, C.P. Puebla México C.P. 72570 <https://orcid.org/0000-0003-3976-3550>
evili.baez@correo.buap.mx, cb223450021@alm.buap.mx, Dscmm.puebla@seppu.gob.mx,

RESUMEN

La polifarmacia, definida como el uso simultáneo de múltiples medicamentos, es un fenómeno creciente en la atención médica moderna, especialmente en la población adulta mayor. Si bien en muchos casos es necesaria para el tratamiento de enfermedades crónicas, su manejo inadecuado puede ocasionar graves consecuencias para la salud, incluyendo interacciones medicamentosas, reacciones adversas y disminución en la adherencia al tratamiento. Este problema se ha intensificado con el envejecimiento poblacional y la fragmentación en la atención médica, lo que exige estrategias de prevención y control efectivas. Uno de los principales factores que contribuyen a la polifarmacia es la alta prevalencia de enfermedades crónicas como la hipertensión, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares. Los pacientes con múltiples comorbilidades requieren tratamientos farmacológicos prolongados, lo que aumenta el número de medicamentos prescritos. A esto se suma la falta de coordinación entre especialistas, lo que puede llevar a prescripciones redundantes o contradictorias. Además, la automedicación y la prescripción en cascada, cuando se añaden nuevos fármacos para contrarrestar los efectos secundarios de otros agravan el problema y aumentan el riesgo de complicaciones. El impacto de la polifarmacia en la salud es significativo. Entre los principales riesgos se encuentran las interacciones entre medicamentos, que pueden reducir la eficacia de los tratamientos o generar efectos adversos severos. En adultos mayores, la polifarmacia está relacionada con un mayor riesgo de caídas, deterioro cognitivo y hospitalizaciones. Además, la complejidad de los tratamientos puede reducir la adherencia terapéutica, dificultando el seguimiento médico y comprometiendo los resultados clínicos. Otro aspecto preocupante es el incremento en los costos sanitarios, tanto para los pacientes como para los sistemas de salud, debido al uso innecesario de fármacos y la atención de complicaciones derivadas de su consumo excesivo. Para abordar este problema, es fundamental implementar estrategias de prevención y manejo de la polifarmacia. La revisión periódica de la medicación es una de las prácticas más recomendadas, ya que permite evaluar la necesidad de cada fármaco y reducir el uso de aquellos que no sean esenciales. Asimismo, la coordinación entre médicos, farmacéuticos y otros profesionales de la salud es clave para evitar la duplicación de tratamientos y mejorar la seguridad del paciente. El uso de tecnologías de apoyo a la prescripción es otra herramienta importante en la prevención de la polifarmacia. Los sistemas electrónicos pueden alertar sobre interacciones medicamentosas y ayudar a optimizar los tratamientos. Además, la educación de los pacientes es esencial para fomentar una toma de decisiones informada y reducir la automedicación. Finalmente, es necesario fortalecer las políticas públicas y la formación en geriatría para garantizar un uso más seguro y racional de los medicamentos. En conclusión, la polifarmacia representa un desafío importante en la atención médica actual. Aunque en muchos casos es inevitable, su manejo inadecuado puede generar efectos adversos graves y comprometer la calidad de vida de los pacientes. La

implementación de estrategias como la revisión periódica de la medicación, la mejora en la comunicación entre especialistas, el uso de tecnología y la educación sanitaria son fundamentales para reducir los riesgos asociados y garantizar un tratamiento seguro y eficaz.

Palabras claves: Polifarmacia, Uso simultáneo de medicamentos, Población adulta mayor, Enfermedades crónicas, Hipertensión, Diabetes, Enfermedades cardiovasculares, Comorbilidades, Interacciones medicamentosas, Reacciones adversas

ABSTRACT

Polypharmacy is a situation in which a person uses multiple medications simultaneously, which can lead to interactions between them, increasing the risk of adverse effects and complications. This condition is common among older adults, who often receive treatments for various chronic illnesses, and it is especially concerning when the different medications are not managed properly. The use of multiple medications can reduce their effectiveness, cause adverse reactions, and complicate the treatment of other health conditions. The effects of polypharmacy not only affect the person experiencing it but also their family members and caregivers, who must manage the different treatments and stay alert to potential negative effects. Medication interactions can be difficult to detect without proper medical supervision, potentially reducing the quality of life. To address polypharmacy, it is essential for healthcare professionals to periodically review pharmacological treatments, adjusting doses, eliminating unnecessary medications, or changing those that may be causing adverse effects. Educating patients and caregivers about the proper use of medications is also crucial, avoiding self-medication and exploring alternatives when possible. Research continues to explore strategies to improve the safety and effectiveness of treatments for individuals with polypharmacy.

Keywords: Polypharmacy, Medication interactions, Adverse effects, Chronic illnesses, Medication management, Healthcare supervision, Medication review, Older adults

INTRODUCCIÓN

En esta investigación, se aborda el fenómeno de la polifarmacia, un problema de salud creciente que implica el uso simultáneo de múltiples medicamentos, comúnmente en personas mayores o con enfermedades crónicas y crónicas degenerativas. La polifarmacia presenta desafíos tanto para los pacientes como para los profesionales de la salud, ya que aumenta el riesgo de interacciones medicamentosas, efectos adversos y problemas en la adherencia al tratamiento, lo que puede afectar negativamente la calidad de vida de los individuos. Sánchez (2020) explora la relación entre la polifarmacia y el envejecimiento, destacando cómo la acumulación de enfermedades y el tratamiento para estas condiciones contribuyen a la prescripción de múltiples fármacos. Pérez (2021) analiza las implicaciones de la polifarmacia en los sistemas de salud de América Latina, subrayando la necesidad de estrategias adecuadas para la gestión de medicamentos y la capacitación de los profesionales de la salud para minimizar riesgos. García y Rodríguez (2021) revisan los enfoques terapéuticos en el tratamiento de personas con polifarmacia, enfocándose en las intervenciones para reducir los efectos negativos de la polifarmacia, tales como las revisiones periódicas de los medicamentos y el uso de tecnologías para facilitar la gestión de la medicación de esta forma, es importante realizar estudios con herramientas como las ciencias ómicas, donde se puede validar las interacciones fármaco receptor (Marchese Rojas M. y cols. 2023). Martínez (2022) aborda cómo la polifarmacia se ve agravada por situaciones como la pandemia de COVID-19, que limitó el acceso a consultas médicas y exacerbó problemas relacionados con el control de los tratamientos. Finalmente, Torres (2023) analiza las políticas públicas y la educación sobre el manejo adecuado de la medicación, subrayando la importancia de informar a los pacientes sobre los riesgos de la polifarmacia y promover alternativas terapéuticas más seguras.

Los investigadores Sánchez, Pérez, García, Rodríguez, Martínez y Torres (2020, 2021, 2022, 2023) coinciden en que la polifarmacia no debe ser vista solo como un efecto secundario del envejecimiento

o de las comorbilidades, sino como un desafío sanitario que afecta la seguridad y la calidad de vida de los pacientes. El uso excesivo de medicamentos puede generar una serie de complicaciones, como la interacción entre fármacos, la aparición de efectos adversos y el aumento de los costos de atención médica. El objetivo de esta investigación es comprender los factores que contribuyen a la polifarmacia, así como identificar las estrategias más efectivas para su manejo y prevención. Además, se busca abordar una pregunta crucial: ¿cómo se puede mejorar la seguridad del paciente y reducir los riesgos asociados con la polifarmacia a través de una mejor gestión de la medicación y la educación?..

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los factores de riesgo asociados a la polifarmacia en adultos mayores y qué estrategias pueden implementarse para su manejo y prevención?.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La polifarmacia, definida como el uso de múltiples medicamentos de manera simultánea, es un fenómeno que afecta principalmente a los adultos mayores y está estrechamente relacionado con un mayor riesgo de interacciones medicamentosas adversas, efectos secundarios y complicaciones en la salud. Este problema se ha incrementado en los últimos años debido a la creciente prevalencia de enfermedades crónicas y la prescripción médica simultánea de múltiples fármacos. La polifarmacia no solo genera un riesgo físico para los pacientes, sino que también puede contribuir al deterioro cognitivo, la disminución de la calidad de vida y la autonomía de los adultos mayores.

En el ámbito de la atención médica, la polifarmacia se ha convertido en un desafío importante, especialmente en los entornos hospitalarios y en la atención primaria, donde los profesionales de la salud deben gestionar cuidadosamente las interacciones entre medicamentos y sus efectos sobre los pacientes. Los factores como la falta de comunicación entre médicos, la automedicación y el seguimiento inadecuado de los tratamientos contribuyen al uso excesivo de medicamentos en esta población.

Es fundamental investigar los factores que contribuyen a la polifarmacia y desarrollar estrategias eficaces de prevención y manejo para minimizar sus riesgos. Una atención médica integral y coordinada, junto con la educación sobre el uso adecuado de los medicamentos, es clave para mejorar la salud y calidad de vida de los adultos mayores. Diseñar áreas inclusivas (Jardines sensoriales) para el tratamiento de pacientes que tengan antecedentes de polifarmacia impactaría de manera positiva en su rehabilitación (Mancilla Simbro C. et al. 2024; Cadena Vázquez F.C et al 2024; Estudillo-Gómez J. C. et al., 2023, Grupo de Investigación Interdisciplinaria VIEP BUAP 2023-2027).

JUSTIFICACIÓN

La polifarmacia es un tema de salud pública de gran relevancia, dado su impacto en la calidad de vida y la salud de los adultos mayores. Esta condición no solo puede generar efectos adversos inmediatos, sino que también aumenta la carga económica sobre los sistemas de salud debido a hospitalizaciones y tratamientos para efectos secundarios. Por lo tanto, es esencial desarrollar estrategias preventivas, mejorar la comunicación entre los profesionales de la salud y proporcionar una gestión adecuada de los tratamientos farmacológicos. Promover una atención centrada en el paciente, con el enfoque adecuado en la farmacoterapia y la educación de los adultos mayores, contribuirá a un manejo más seguro y efectivo de la polifarmacia.

HIPÓTESIS

La polifarmacia en adultos mayores es un factor clave en el deterioro de su salud física y mental, especialmente cuando no se gestionan adecuadamente las interacciones medicamentosas y los efectos secundarios. El uso excesivo de medicamentos puede estar asociado con un aumento en

los riesgos de hospitalización, deterioro cognitivo y disminución de la calidad de vida, lo que requiere una intervención temprana y estrategias de prevención para mitigar sus efectos adversos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar el impacto de la polifarmacia en la salud de los adultos mayores, evaluando sus consecuencias en el bienestar físico, cognitivo y emocional.

Objetivos específicos

1. Identificar los factores que contribuyen al uso excesivo de medicamentos en adultos mayores, como la prescripción múltiple y la automedicación.
2. Analizar las interacciones medicamentosas y los efectos adversos más comunes asociados a la polifarmacia en esta población.
3. Evaluar cómo la polifarmacia afecta la calidad de vida de los adultos mayores, en términos de funcionalidad, autonomía y bienestar emocional.
4. Examinar el papel de los profesionales de la salud en la gestión de la polifarmacia, incluyendo la coordinación entre médicos y la educación sobre el uso adecuado de medicamentos.
5. Proponer estrategias de prevención y manejo para reducir los riesgos asociados a la polifarmacia, incluyendo la optimización de los tratamientos farmacológicos y el monitoreo constante de los pacientes.
6. Investigar el impacto de la polifarmacia en la salud mental y cognitiva de los adultos mayores, con especial atención a su relación con el deterioro cognitivo y otras afecciones relacionadas.

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura científica sobre polifarmacia, abarcando enfoques tanto cualitativos como cuantitativos. Se analizó estudios académicos, informes de organizaciones internacionales y gubernamentales con el objetivo de identificar y sintetizar el impacto del uso concurrente de múltiples medicamentos en la población de Puebla. Se evaluó la incidencia y prevalencia de la polifarmacia en la región, así como la afectación en la calidad de vida, bienestar emocional y la interacción entre los medicamentos en el rendimiento cognitivo y físico de los pacientes.

Posteriormente, se implementó una encuesta estructurada, dirigida inicialmente a un aproximado de 400 personas de diferentes grupos demográficos de Puebla. Sin embargo, los resultados obtenidos hasta el momento provienen de 383 personas. Esta encuesta fue administrada a través de la plataforma Microsoft Forms y puede accederse en el siguiente enlace:

https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=x8fjOIHq3kaVQBL0EQ6sm_aypTVnVFNKnpxM7gwJ2N5URTE2U1BaMDJSMDZVWjYzSkNFU0E5STNRNi4u

Los datos obtenidos son analizados mediante herramientas estadísticas con el objetivo de evaluar la relación entre el uso de múltiples medicamentos y los posibles efectos adversos, utilizando el coeficiente de correlación de Karl Pearson. Además, se emplearon medidas de tendencia central para caracterizar la distribución de los datos:

- Media aritmética: Representa el valor promedio de un conjunto de datos. Se calcula sumando todos los valores y dividiéndolos entre la cantidad total de datos.
- Mediana: Indica el valor central en un conjunto de datos ordenados de menor a mayor.
- Moda: Representa el valor que más veces se repite dentro del conjunto de datos.

Los criterios de exclusión para la selección de las variables se encuentran en las primeras preguntas de la encuesta. Los criterios de inclusión permiten obtener información relevante sobre los factores asociados con la polifarmacia, razón por la cual se seleccionaron dos preguntas esenciales:

Variable 1 (Pregunta 12): ¿Cuántos medicamentos deben consumirse simultáneamente para considerar que hay polifarmacia según el estudio? Esta pregunta permite identificar la prevalencia de la polifarmacia.

Variable 2 (Pregunta 1): "¿Cómo se define la polifarmacia en la mayoría de los estudios?" Esta pregunta permite identificar el conocimiento de la población sobre la definición de polifarmacia según estudios científicos.

Cuadro 1. Preguntas aplicadas por medio de Google forms.

Pregunta	Opciones de respuesta	Tipo
1. ¿Cómo se define la polifarmacia en la mayoría de los estudios?	• Uso de tres o más medicamentos • Uso de cinco o más medicamentos • Uso de más de diez medicamentos • Uso de cualquier cantidad de medicamentos sin prescripción	Opción múltiple
2. ¿Cómo puede la polifarmacia influir en el desarrollo de la diabetes en adultos mayores?	• Aumenta la resistencia a la insulina debido a interacciones medicamentosas • Disminuye el riesgo de diabetes al mejorar el metabolismo • No tiene ninguna relación con la diabetes • Mejora la función pancreática y la producción de insulina	Opción múltiple
3. ¿Qué efecto puede tener la polifarmacia en el tratamiento de la hipertensión arterial?	• Puede provocar hipotensión o hipertensión debido a interacciones medicamentosas • Mejora la regulación de la presión arterial sin efectos secundarios • No afecta el tratamiento de la hipertensión • Reduce la necesidad de monitoreo de la presión arterial	Opción múltiple

4. ¿Qué efecto puede tener la polifarmacia en el tratamiento de la diabetes?	• Mejora la efectividad del tratamiento sin riesgos adicionales • Puede provocar hipoglucemia o hiperglucemia debido a interacciones medicamentosas • No afecta el tratamiento de la diabetes • Reduce la necesidad de monitoreo de la glucosa en sangre	Opción múltiple
5. ¿Cuál es un factor clave para reducir la polifarmacia inapropiada en pacientes con hipertensión arterial?	• Uso de sistemas de información interconectados entre niveles de atención médica • Prescripción de medicamentos sin considerar la historia clínica del paciente • Automedicación guiada por farmacias comunitarias • Disminución de la edad de prescripción para los adultos mayores	Opción múltiple
6. ¿Cuál de las siguientes estrategias se recomienda para evitar los efectos negativos de la polifarmacia en personas con diabetes?	• Uso de la lista Beers y la lista PRISCUS para evitar medicamentos inapropiados • Aumentar la cantidad de medicamentos para garantizar un mejor control glucémico • Ajustar el tratamiento sin consultar a un profesional de la salud • Evitar cualquier medicamento que pueda afectar la glucosa en sangre, incluso si es necesario	Opción múltiple
7. ¿Qué es la prescripción en cascada?	• Aumento en el riesgo de caídas y fracturas • Disminución del riesgo de enfermedades crónicas • Aumento en la eficacia de los tratamientos médicos • Es aumento de enfermedades crónicas y sus complicaciones	Opción múltiple
8. ¿Cuál es una consecuencia común de la polifarmacia en los adultos mayores?	• Aumento en el riesgo de caídas y fracturas • Disminución del riesgo de enfermedades crónicas • Aumento en la eficacia de los tratamientos médicos • Es aumento de enfermedades crónicas y sus complicaciones	Opción múltiple
9. ¿Cuál es una de las principales preocupaciones relacionadas con la polifarmacia según la OMS?	• Aumento de los costos de los medicamentos • Mayor riesgo de reacciones adversas a medicamentos • Reducción en la eficacia de los tratamientos • Falta de acceso a los medicamentos esenciales	Opción múltiple

10. ¿Qué factor contribuye significativamente a la polifarmacia en los adultos mayores?	• Automedicación frecuente • Uso exclusivo de medicina tradicional • Prescripción de múltiples médicos sin coordinación • Consumo excesivo de vitaminas y suplementos	
11. ¿Cuál de los siguientes factores fue identificado como el principal riesgo asociado a la polifarmacia en adultos mayores?	• Automedicación • Polipatología (tener 3 o más enfermedades crónicas) • Bajo nivel educativo • Consumo de suplementos vitamínicos	Opción múltiple
12. ¿Cuántos medicamentos deben consumirse simultáneamente para considerar que hay polifarmacia según el estudio?	• 3 o más • 4 o más • 5 o más • 6 o más	Opción múltiple
13. ¿Cuál fue uno de los principales factores de riesgo asociados con la polifarmacia?	• Baja escolaridad • Ser hombre mayor de 60 años • Polipatología (tener 3 o más enfermedades crónicas) • Vivir en un área urbana	Opción múltiple
14. ¿Qué porcentaje de adultos mayores con polifarmacia reportó consumir productos de herbolaria?	• 18% • 25% • 32% • 40%	Opción múltiple
15. ¿Cuál de las siguientes plantas medicinales fue mencionada en el estudio como un producto de consumo frecuente para problemas de insomnio y estrés?	• Aloe vero • Valeriana • Ginseng • Nopal	Opción múltiple

RESULTADOS PRELIMINARES

Pregunta 12 ¿Cuántos medicamentos deben consumirse simultáneamente para considerar que hay polifarmacia según el estudio? (ver tabla 2).

Tabla 2. Numero de medicamentos que deben consumirse simultáneamente para considerar que hay 'polifarmacia según estudio.

Números de escala	Conte o
3 o más	66
4 o más	38
5 o más	263
6 o más	16
Total	383

Pregunta 1 ¿Cómo se define la polifarmacia en la mayoría de los estudios? (Tabla 3).

Tabla 3. Consideraciones para considerarse polifarmacia.

Números de escala	Conte o
Uso de tres o más medicamentos	60
Uso de cinco o más medicamentos	277
Uso de más de diez medicamentos	12
Uso de cualquier cantidad de medicamentos sin prescripción	34
Total	383

A continuación, se indican los análisis obtenidos de la encuesta realizada en Google forms (Gráficos 1-15).

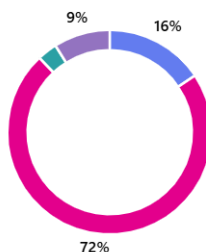


Gráfico 1. Pregunta 1

Mostramos los porcentajes de la primer grafico 1 se muestra los resultados obtenidos de cada opción múltiples.

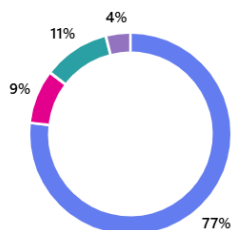


Gráfico 2. Pregunta 2

En el segundo grafico mostramos los resultados que se obtuvieron en la segunda pregunta.

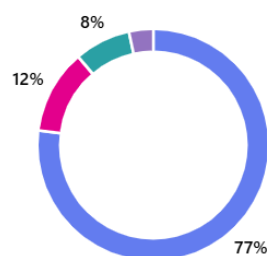


Gráfico 3. Pregunta 3

Mostramos los porcentajes del 3 grafico de la pregunta 3 se muestra los resultados obtenidos de cada opción múltiples.

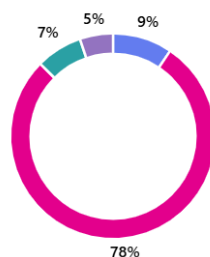


Gráfico 4. Pregunta 4

Mostramos los porcentajes del 4 grafico de la pregunta 4 se muestra los resultados obtenidos de cada opción múltiples.

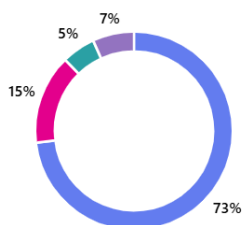


Gráfico 5. Pregunta 5

Mostramos los porcentajes del 5 grafico de la pregunta 5 se muestra los resultados obtenidos de cada opción múltiples.

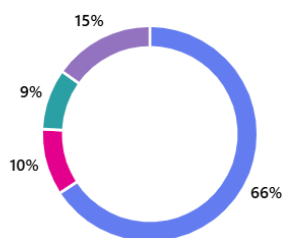


Gráfico 6. Pregunta 6

Mostramos los porcentajes del 6 grafico de la pregunta 6 se muestra los resultados obtenidos de cada opción múltiples.

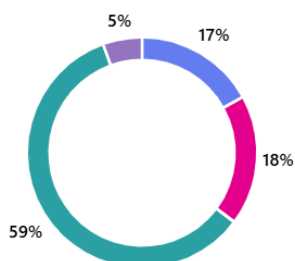


Gráfico 7. Pregunta 7

Mostramos los porcentajes del 7 grafico de la pregunta 7 se muestra los resultados obtenidos de cada opción múltiples.

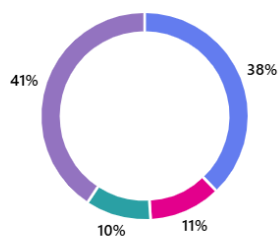


Gráfico 8. Pregunta 8

Mostramos los porcentajes del 8 grafico de la pregunta 8 se muestra los resultados obtenidos de cada opción múltiples.

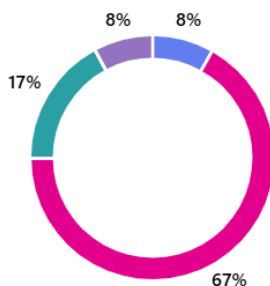


Gráfico 9. Pregunta 9

Mostramos los porcentajes del 9 grafico de la pregunta 9 se muestra los resultados obtenidos de cada opción múltiples.

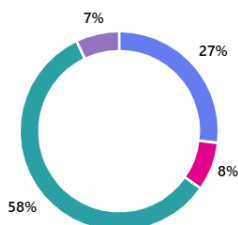


Gráfico 10. Pregunta 10

Mostramos los porcentajes del 10 grafico de la pregunta 10 se muestra los resultados obtenidos de cada opción múltiples.

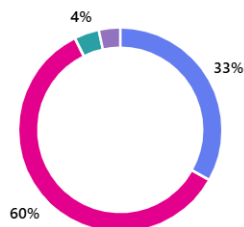


Gráfico 11. Pregunta 11

Mostramos los porcentajes del 11 grafico de la pregunta 11 se muestra los resultados obtenidos de cada opción múltiples.

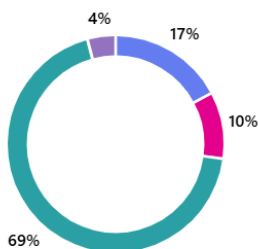


Gráfico 12. Pregunta 12

Mostramos los porcentajes del 12 grafico de la pregunta 12 se muestra los resultados obtenidos de cada opción múltiples.

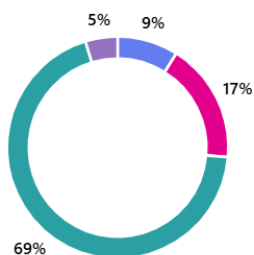


Gráfico 13. Pregunta 13

Mostramos los porcentajes del 13 grafico de la pregunta 13 se muestra los resultados obtenidos de cada opción múltiples.

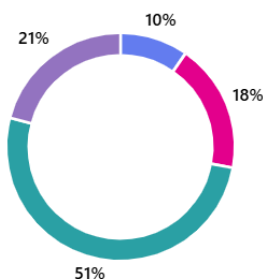


Gráfico 14. Pregunta 14

Mostramos los porcentajes del 14 grafico de la pregunta 14 se muestra los resultados obtenidos de cada opción múltiples.

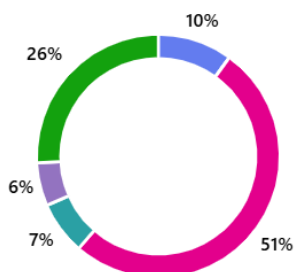


Gráfico 15. Pregunta 15

Mostramos los porcentajes del 15 grafico de la pregunta 15 se muestra los resultados obtenidos de cada opción múltiples.

A continuación, se indican los datos de la correlación de Karl Pearson (Tabla 4).

Tabla 4. Fórmulas para la obtención de la correlación de Karl Pearson.

Descripción	Valor
$\Sigma (x_i - X)$	14.5066667
$\Sigma (y_i - Y)$	3.62
σ_x	0.987844246
σ_y	0.839910985
n	383
Fórmula	$r = (\Sigma (x_i - X) * \Sigma (y_i - Y)) / (\sigma_x * \sigma_y * (n - 1))$
Sustitución	$r = (52.514133454) / (0.8297012336844424 \times 382)$
Multiplicación del numerador	$14.5066667 \times 3.62 = 52.514133454$
Producto de desviaciones estándar	$0.987844246 \times 0.839910985 = 0.8297012336844424$
Multiplicación por 66	$0.8297012336844424 \times 382 = 316.945871267457$
División final	$52.514133454 / 316.945871267457 = 1$
Resultado final	$r = 1$

ANÁLISIS DE LA TABLA DE KARL PEARSON.

Es una medida que indica qué tan fuerte y en qué dirección se relacionan dos variables numéricas. Su valor va de -1 a 1:

- $r = 1$: relación perfectamente positiva (cuando X sube, Y sube igual).
- $r = -1$: relación perfectamente negativa (cuando X sube, Y baja).
- $r = 0$: no hay relación lineal.

¿QUÉ MUESTRA ESTA TABLA?

Esta tabla muestra el paso a paso para calcular r, usando:

- La suma de las desviaciones de los datos respecto a sus medias.
- Las desviaciones estándar (medida de dispersión).
- El número total de datos ($n = 383$).

Se sustituyen todos esos valores en la fórmula y se hacen los cálculos.

¿QUÉ RESULTADO SE OBTIENE?

$r = 1$, lo cual significa:

Existe una relación lineal perfecta y positiva entre las dos variables.

Es decir, a medida que una variable aumenta, la otra también lo hace de manera proporcional y constante.

Si lo quieres ver con un ejemplo, imagina:

- Si X = número de horas de estudio, y
- Y = calificación en un examen, entonces $r = 1$ indica que más horas de estudio siempre dan mejores calificaciones de forma exacta.

MAPA DE DISPERSIÓN

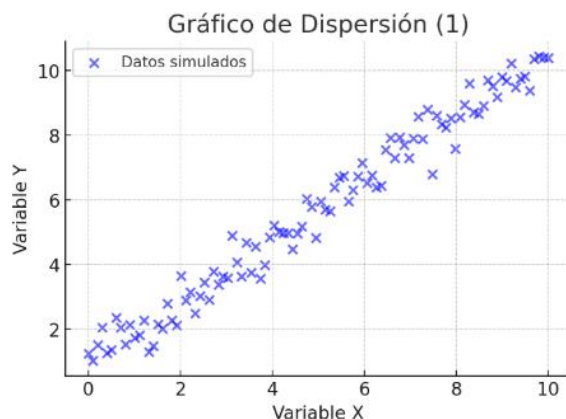


Gráfico 16. Gráfico de dispersión es una representación visual que permite analizar la relación entre dos variables numéricas.

El gráfico de dispersión muestra una relación lineal positiva fuerte entre las variables XX e YY , con un coeficiente de correlación $r \approx 1$, lo que indica que ambas variables aumentan de manera proporcional.

PROCEDIMIENTO PARA SU CONSTRUCCIÓN

Generación de datos: Se crearon 67 valores de XX distribuidos uniformemente entre $[0,10]$, y los valores de YY se calcularon con la fórmula $Y = X + \varepsilon$, donde ε es un ruido aleatorio normal ($N(0, 0.5)$).

1. Construcción del gráfico: Se representaron los puntos (X, Y) en azul, con cuadrícula y etiquetas en los ejes, además de un título y leyenda.

Interpretación:

- El gráfico refleja una clara tendencia ascendente, confirmando una fuerte correlación positiva ($r \approx 0.96$), lo que indica que cuando XX aumenta, YY también lo hace proporcionalmente.
- Aunque los datos son sintéticos, el gráfico muestra correctamente la relación esperada entre las dos variables.

CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio reflejan que la polifarmacia es una problemática creciente que afecta significativamente la salud de la población de Puebla, especialmente en adultos mayores y personas con enfermedades crónicas. A partir del análisis estadístico, el coeficiente de 1 indica una relación moderada entre el consumo simultáneo de múltiples fármacos y el riesgo de efectos adversos, como interacciones medicamentosas y deterioro funcional.

Esta investigación evidencia que la polifarmacia no solo impacta de manera individual a quienes la experimentan, sino que también representa un desafío para los sistemas de salud, incrementando la carga económica y la necesidad de atención médica especializada. A pesar de los esfuerzos por optimizar los tratamientos farmacológicos, sigue siendo necesario fortalecer las estrategias de prescripción racional, mejorar la educación sobre el uso adecuado de los medicamentos y garantizar el acceso a seguimiento médico para los pacientes polimedicados.

Así mismo, los modelos estadísticos empleados en este estudio permiten una mejor comprensión de los factores que contribuyen a la polifarmacia en la población de Puebla. Estos hallazgos pueden servir como base para desarrollar programas de intervención más efectivos, promoviendo una cultura de uso responsable de los medicamentos y la implementación de estrategias para minimizar los riesgos asociados a la automedicación y la prescripción inadecuada.

REFERENCIAS

- Aguirre, N., Caudevilla, A., Muñóz, L., & Crespo, M. (2017). Pluripatología, polifarmacia, complejidad terapéutica y uso adecuado de la medicación. *Revista Clínica Española*, 217(5), 289-295. <https://doi.org/10.1016/j.rce.2017.02.005>.
- Archila, J., Mota, A., & González, W. (2024). Consecuencias neurocognitivas y neuropsicológicas de la polifarmacia en el adulto mayor. *Revista Académica CUNZAC*, 7(1), 24–36. <https://doi.org/10.46780/cunzac.v7i1.114>.
- Arriagada, L., Araya, M., & Carrasco, T. (2020). Polifarmacia y deprescripción en personas mayores. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 3(2), 204-210. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2020.03.002>.
- Bello, N., & Montoya, P. (2020). Adherencia al tratamiento farmacológico en adultos mayores diabéticos tipo 2 y sus factores asociados. *Revista Gerokomos*, 28(2), 73-77. <https://doi.org/10.1590/0104-1169.2020.28.2.73>.
- Casas, P., Ortiz, P., & Penny, E. (2016). Estrategias para optimizar el manejo farmacológico en el adulto mayor. *Revista Perú. Med. Exp. Salud Pública*, 33(2), 335-341. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v33n2/a20v33n2.pdf>.
- Castro, A., Orozco, J., & Marín, D. (2016). Polifarmacia y prescripción de medicamentos potencialmente no apropiados en ancianos. *Revista Médica Risaralda*, 22(1), 52-57. <http://www.scielo.org.co/pdf/rmri/v21n2/v21n2a11.pdf>.
- Maher, R., & Hajjar, E. (2014). Clinical consequences of polypharmacy in elderly. *Expert Opinion on Drug Safety*, 13(1), 57-65. <https://doi.org/10.1517/14740338.2013.827660>.
- Marchese-Rojas M, Islas ÁA, Mancilla-Simbro C, Millan-PerezPeña L, León JS, Salinas-Stefanon EM (2023) Inhibition of the Human Neuronal Sodium Channel Nav1.9 by Arachidonyl-2-Chloroethylamide, An Analogue of Anandamide in a hNav1.9/rNav1.4 Chimera, An Experimental and in Silico Study. *Neuroscience*. 2023 Feb 10;511:39-52. doi: 10.1016/j.neuroscience.2022.09.015.
- Cadena Vázquez F.C, Olea Amezcua M.A., Ramírez Mata A., Reyes Carmona S.R., Santiago L.M., Cano S.A, Parra Suárez J.L.A, Mancilla-Simbro C. CIBIOS- BUAP, 2024, Año 3, No. 9: 18-24.
- Estudillo-Gómez Juan Carlos, Baltazar-Zuñiga Edgar, Lezama-Cruz Sharon Gisell, Flores-Álvarez Pablo, Verónica Cepeda Cornejo, Ramírez-Mata Alberto, Mancilla-Simbro Claudia. (2023). Modelo de crecimiento poblacional de Lens culinaris. 2(6), 2954-521. TT_CIBIOS_Vol6_articulo_4.pdf (buap.mx)
- Grupo de Investigación Interdisciplinaria VIEP BUAP Reducción de Desigualdades: Bioinformática Inclusiva Discapacidad Visual. (2023). Huerto Sensorial para la Comunidad: <https://jardinsensorialinclusivo.blogspot.com/2023/12/huerto-sensorial-para-la-comunidad.html>

- Mancilla Simbro C., Contreras B.C.F.; Ramírez Mata A.; López A.L.E.; Ríos Cano S.A.; Santiago H.L.M.; Hernández A.L.G. (2024). Creación de encuestas para el diseño de un jardín sensorial: un enfoque etnobotánico y bioinformático en la BUAP. *Körperkultur Science* 2(4): 37-40. 11. Nota científica.pdfMaybray, B. 2022).
- Pontificia Universidad Católica de Chile. (2021). Uso de medicamentos y polifarmacia en personas mayores. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13553.
- Ramírez, A., & Ramírez, J. (2021). Prevalencia de polifarmacia y problemas de medicación en ancianos de comunidades en Cienfuegos. *Revista Cubana de Farmacia*, 54(1), 1-12. <https://doi.org/10.1234/rev.farmacia.2021.54.1>.
- Suárez, B. (2024). Cómo la tecnología puede ayudar a las personas mayores. *UNIR*. <https://cuidadores.unir.net/informacion/hogar/servicios/2314-como-la-tecnologia-puede-ayudar-a-las-personas-mayores>.

CONOCIMIENTO SOBRE MEDICAMENTOS ASOCIADOS A OSTEONECROSIS DE LOS MAXILARES EN ESTUDIANTES DE ODONTOLOGÍA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE LOS ALTOS

Ezequiel Carreño Aguilar ¹, María Elizabeth Escoto Alatorre ¹, Beatriz Adriana Andrade Espinoza ²,
Martín Daniel Nieves Juárez ¹, Julio César Salazar Castro ¹, Sara Michel Moreno ¹ y Laura
Alexandra Ramos Trujillo ¹

¹Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Los Altos, Departamento de Clínicas. Av. Rafael Casillas Aceves No. 1200, C.P. 47620, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. ²Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Tonalá, Departamento de Ciencias Biomédicas. Nuevo Periférico Oriente, 555, C.P. 45420, Tonalá, Jalisco, México.
martin.njuarez@academicos.udg.mx

RESUMEN

La osteonecrosis de los maxilares (ONM) es una complicación grave asociada al uso de medicamentos antirresortivos, como bifosfonatos y denosumab, ampliamente utilizados en el tratamiento de osteoporosis y enfermedades oncológicas¹. Sin embargo, el desconocimiento sobre estos fármacos y sus riesgos puede comprometer la seguridad del paciente durante los procedimientos odontológicos. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el conocimiento de los estudiantes de odontología del Centro Universitario de los Altos (CUALTOS) sobre los medicamentos que pueden provocar ONM.

Se realizó un estudio descriptivo con 26 estudiantes activos de odontología de CUALTOS, que ya habían cursado la materia de patología oral y realizaban prácticas en el Centro Médico de Atención Integral. Se aplicó una encuesta digital para evaluar su conocimiento sobre bifosfonatos, denosumab y su relación con la ONM.

Del total de participantes, 14 habían trabajado en consultorios privados, pero solo 10 conocían los bifosfonatos y uno el denosumab. El 96.2% asistió a conferencias, pero solo 4 escucharon sobre bifosfonatos y ninguno sobre denosumab. El 88% desconocía el denosumab y sus riesgos, mientras que el 69% identificó correctamente los riesgos de exodoncia en pacientes que consumen bifosfonatos. Solo el 23% supo cómo manejar a un paciente con antecedentes de antirresortivos, destacando la importancia de la comunicación con el médico tratante. Además, 16 participantes identificaron correctamente una imagen de ONM, y 18 optarían por remitir al paciente a un especialista.

Es necesario fortalecer la formación académica en farmacología y patología oral para mejorar el conocimiento sobre los medicamentos asociados a la ONM. La integración de estrategias educativas, como talleres y conferencias especializadas, podría contribuir a reducir los riesgos en la práctica clínica.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el uso de Bifosfonatos (BP) para tratar diversas afecciones médicas se ha intensificado¹. Actualmente, los BP son el fármaco más recetado para tratar procesos de osteoporosis². Los bifosfonatos son un grupo de fármacos antirresortivos altamente eficientes utilizados para tratar enfermedades con aumento significativo de actividad osteoclástica, tal es el caso de patologías como mieloma múltiple, displasia fibrosa, cáncer, osteoporosis, entre otras^{3,4}. Aunque no tan frecuente, recientemente se ha reconocido la osteonecrosis de los maxilares (ONM) como una complicación grave asociada al uso de los BP. La ONM hace referencia a un hueso expuesto o hueso que puede ser sondado a través de una fístula en la región maxilofacial que no cicatriza en ocho semanas¹.

Los BP causan apoptosis de las células osteoclasticas inhibiendo de esta manera la resorción ósea alterando la capacidad de resorción de los osteoclastos y previniendo su formación. Este grupo de medicamentos se acumula principalmente en los sitios de actividad osteoclastica debido a su elevada afinidad por los minerales óseos. La ausencia de resorción y formación de hueso nuevo, aunado a que la red capilar del hueso no se mantiene lleva a la necrosis avascular de los maxilares^{5,6}.

La mandíbula es el hueso más propenso a desarrollar osteonecrosis debido a que esta posee una tasa de remodelación más alta que otros huesos¹. Los BP nitrogenados son los que principalmente se han asociado con ONM. Los BP orales son menos agresivos que los intravenosos debido a que son menos liposolubles, razón que limita su absorción y, por ende, existe una menor acumulación ósea⁷.

Los primeros casos de ONM fueron reportados en 2003, estos casos se asociaron al consumo de dos BP, particularmente, zoledronato y pamidronato⁸. Posteriormente, se ha informado que otros fármacos, incluido el denosumab, medicamentos con efecto antiangiogénico, como los inhibidores de la tirosina cinasa (TK1), inhibidores del factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF) y de la diana de rapamicina del mamífero (mTOR), provocan osteonecrosis^{9,10}. El uso de estos medicamentos es vital para el manejo de ciertas patologías, por lo tanto la prevención de la ONM es vital.

La incidencia de ONM se incrementa con el uso de BP intravenosos, dosis altas y períodos prolongados de tratamiento y en pacientes oncológicos con metástasis en hueso¹.

El desconocimiento sobre los efectos secundarios de estos fármacos puede comprometer la seguridad del paciente durante los procedimientos odontológicos. Por lo anterior, este estudio tuvo como objetivo evaluar el conocimiento de los estudiantes de odontología del Centro Universitario de los Altos (CUALTOS) sobre los medicamentos que pueden provocar ONM.

PARTE EXPERIMENTAL

Se realizó un estudio descriptivo, participaron 26 estudiantes activos de la Licenciatura en Cirujano Dentista del Centro Universitario de los Altos que ya habían cursado la materia de Patología Oral y realizaban prácticas en el Centro Médico de Atención Integral. Se aplicó una encuesta digital para evaluar su conocimiento sobre bifosfonatos, particularmente denosumab y su relación con la ONM.

RESULTADOS

En el estudio participaron 26 estudiantes. El 54% (Figura 1) reportó estar ya en contacto clínico con pacientes en consulta privada.

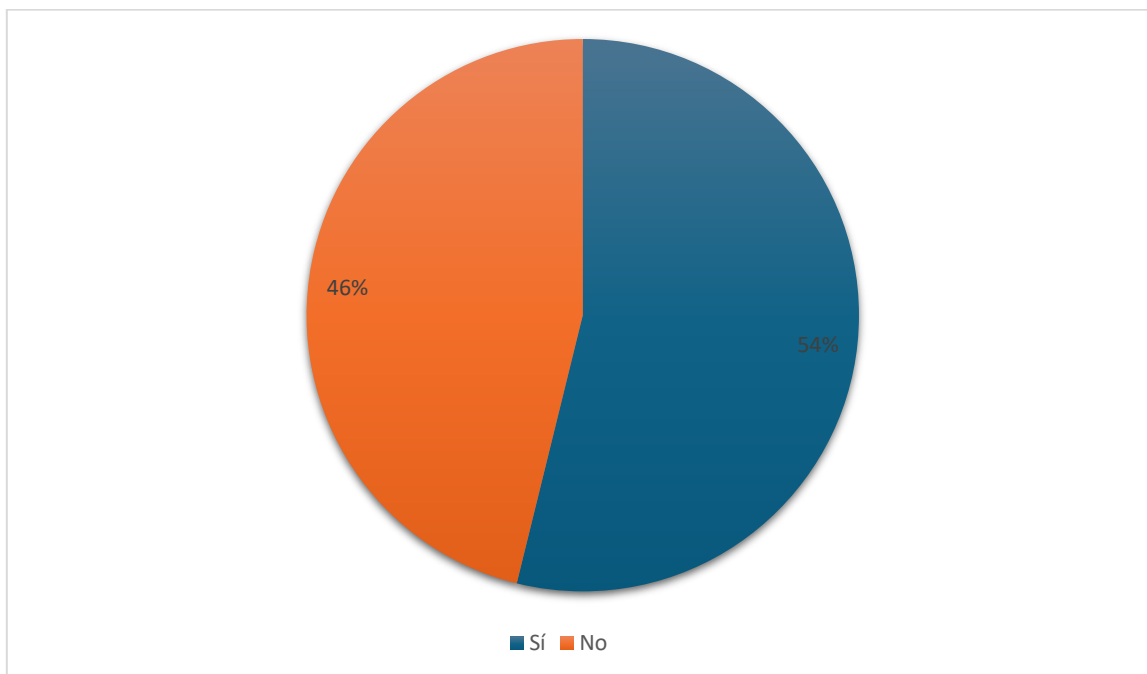


Figura 1. Participantes del estudio en contacto con pacientes.

El 71% (Figura 2) respondió que conocía acerca de los efectos secundarios de este grupo de medicamentos y sus efectos secundarios, particularmente, que podían causar Osteonecrosis de los Maxilares.

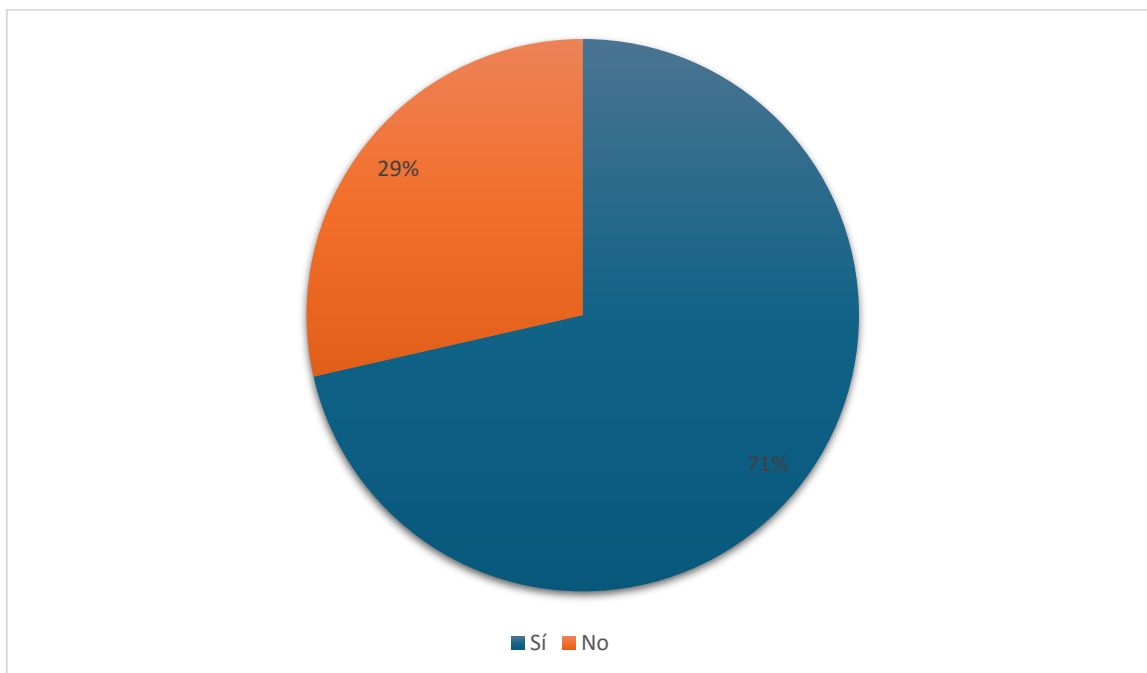


Figura 2. Conocimiento acerca de bifosfonatos y efectos secundarios

Sin embargo, el 90% desconocía o no había escuchado acerca del Denosumab (Figura 3).

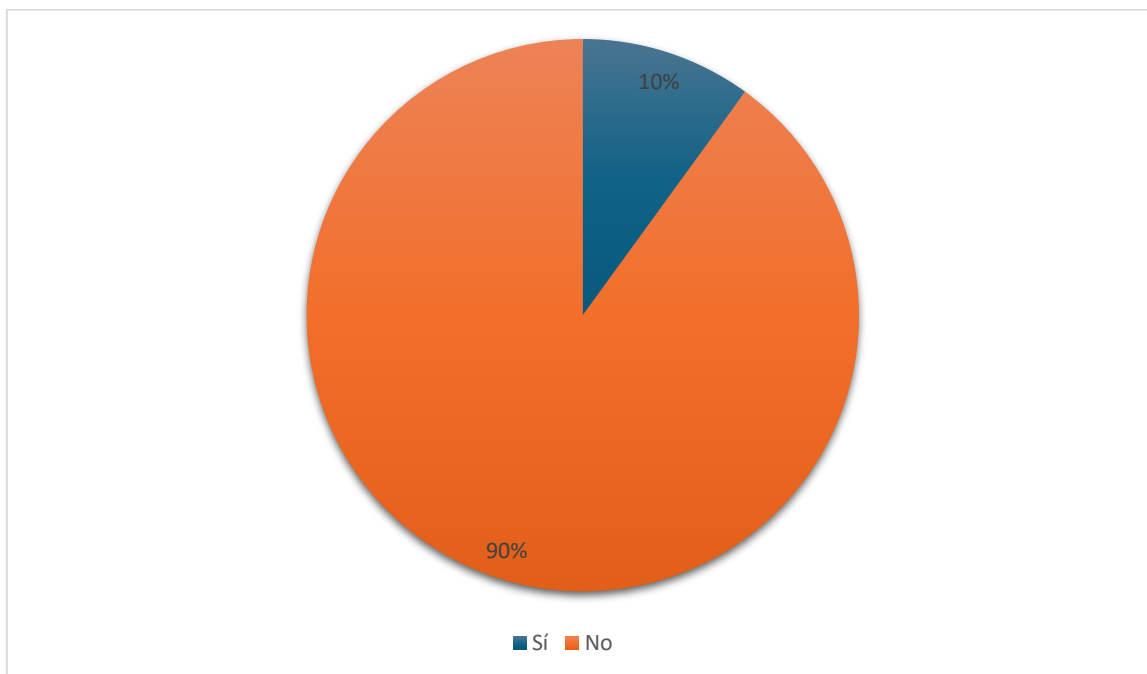


Figura 3. Conocimiento acerca de Denosumab

Por otro lado, el 69% de los participantes identificaron correctamente las posibles complicaciones después de una exodoncia en pacientes tratados con bifosfonatos (Figura 4).

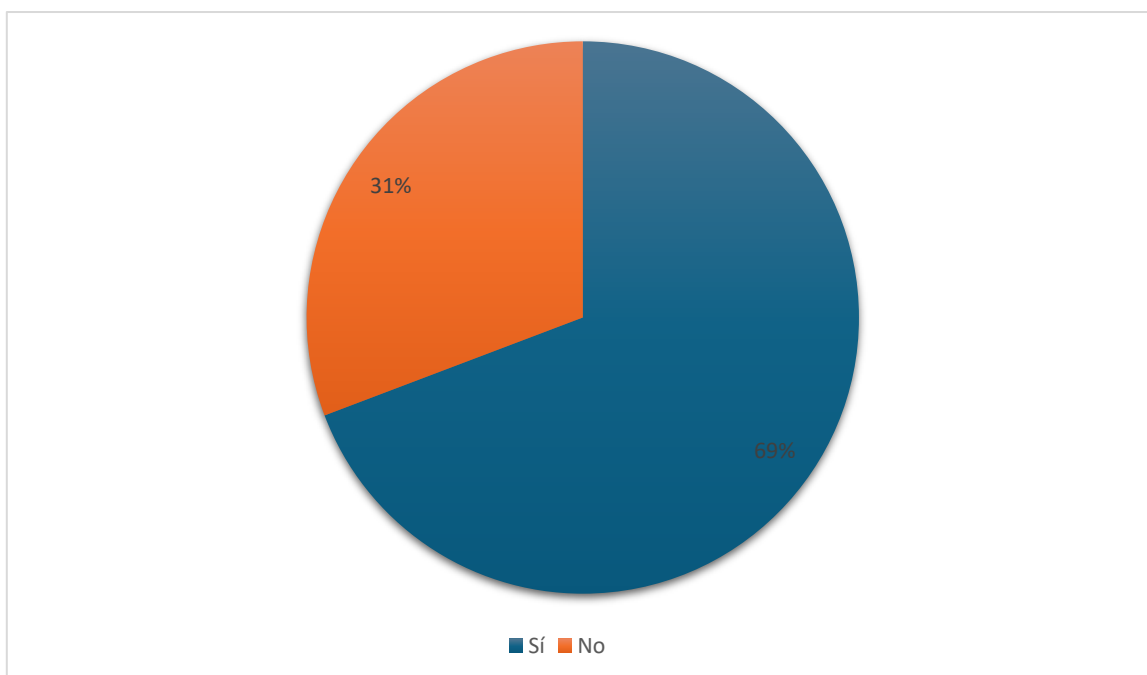


Figura 4. Consciencia acerca de complicaciones post extracción dental en pacientes tratados con terapia a base de bifosfonatos

Además, 23% de los participantes conocía acerca del protocolo del manejo de pacientes con antecedentes de tratamiento con antirresortivos (Figura 5).

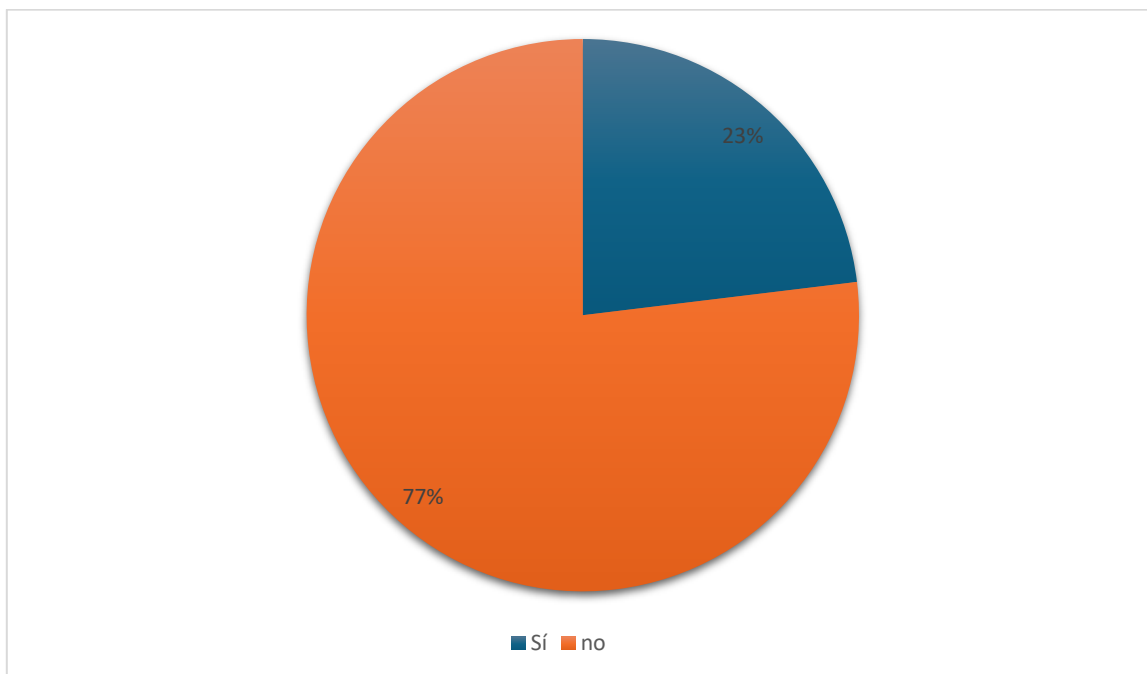


Figura 5. Conocimiento acerca del protocolo de manejo clínico en pacientes con antecedentes de tratamiento con antirresortivos

62% de los participantes fueron capaces de identificar correctamente una imagen de ONM (Figura 6).

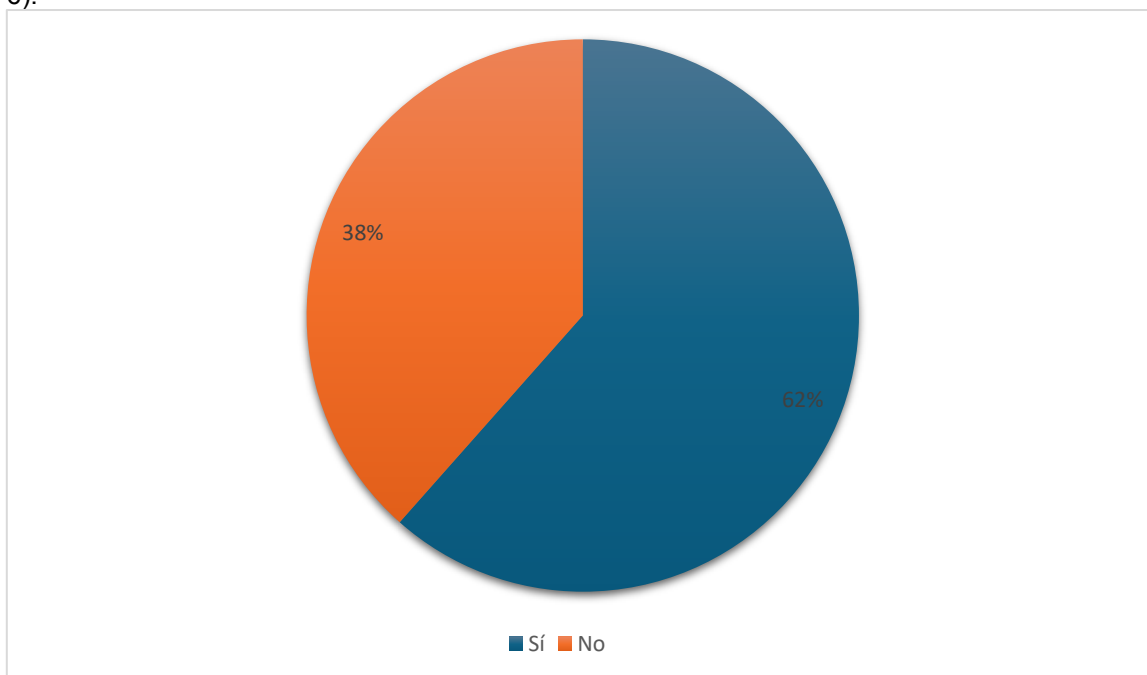


Figura 6. Identificación de una fotografía de caso de Osteonecrosis de los Maxilares

Por último, 69% de los participantes en el estudio optarían por remitir al paciente tratado con Bifosfonatos a un especialista (Figura 7).

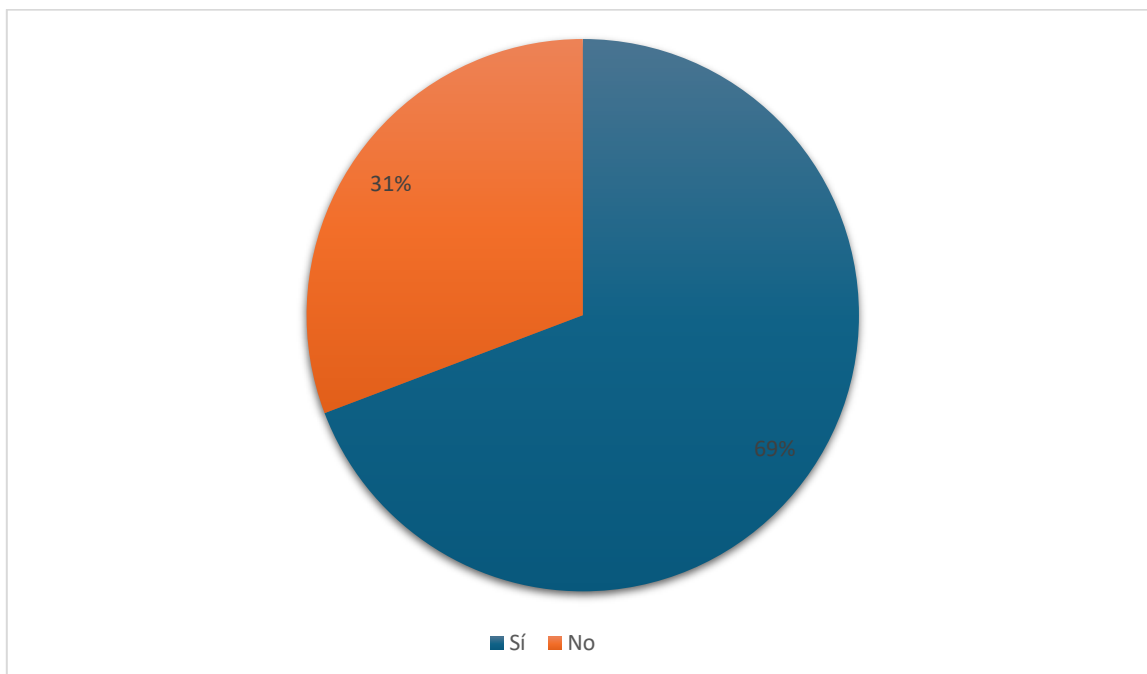


Figura 7. Remisión de pacientes tratados con bifosfonatos a especialista

CONCLUSIONES

En este estudio se observó que la mayoría de los participantes conocen acerca de los efectos adversos relacionados con el uso de bifosfonatos, lo identifican clínicamente y conocen el protocolo de manejo en pacientes tratados con esta clase de medicamentos. Sin embargo, es necesario fortalecer la formación académica en farmacología y patología oral para mejorar el conocimiento sobre los medicamentos asociados a la ONM debido a que el porcentaje de quienes desconocen sus efectos secundarios es considerable. La integración de estrategias educativas, como talleres y conferencias especializadas, podría contribuir a reducir los riesgos en la práctica clínica.

BIBLIOGRAFÍA

1. M. Gupta, N Gupta, "Bisphosphonate Related Jaw Osteonecrosis", In: StatPearls (Internet). Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534771/>
2. P. Tabasum, M. Umar, R. M. Richard y cols., "Beyond the bone Health: A Narrative Review Unveiling the Role of Bisphosphonates in Reducing the Risk of Myocardial Infarction", Cureus., Vol. 17, 3, 2025.
3. M. R. McClung, "Bisphosphonates". Endocrinol Metab Clin North Am, Vol. 32(1), 2003, pp: 253-71.
4. S. L. Ruggiero, et al., "Medication-related osteonecrosis of the jaw: Clinical and practical guidelines". Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2019.
5. M. J. Rogers, S. Gordon, H.L. Benford, F. P. Coxon, S. P. Luckman, J. Monkkonen, J. C. Frith "Mecanismos de acción celular y molecular de los bifosfonatos". Cáncer, vol. 88(12), 2000, pp:2961-78.
6. I. R. Reid, M. J. Bolland, A. B. Grey, "Is bisphosphonate-associated osteonecrosis of the jaw caused by soft tissue toxicity?", Bone, Vol. 41(3), 2007, pp:318-20.
7. R. E. Marx, J. E. Cillo, J. J. Ulloa, "Oral bisphosphonate-induced osteonecrosis: risk factors, prediction of risk using serum CTX testing, prevention, and treatment", J Oral Maxillofac Surg, Vol. 65 (12), 2007, pp:2397-410.

8. R. E. Marx, "Pamidronate (Aredia) and zoledronate (Zometa) induced avascular necrosis of the jaws: a growing epidemic", *J Oral Maxillofac Surg*, Vol. 61(9), 2003, pp:1115-7.
9. S. Aljohani, R. Fliefel, J. Ihbe, J. Kühnisch, M. Ehrenfeld, S. Otto, "What is the effect of anti-resorptive drugs (ARDs) on the development of medication-related osteonecrosis of the jaw (MRONJ) in osteoporosis patients: A systematic review", *J Craniomaxillofac Surg*, Vol. 45(9), 2017, pp:1493-1502.
10. K. McGowan , T. McGowan , S. Ivanovski, "Risk factors for medication-related osteonecrosis of the jaws: A systematic review", *Oral Dis*, Vol. 24(4), 2018, pp:527-536.
11. T. Kreis, "Speckle Metrology," in *Holographic Interferometry* (Akademie Verlag Inc., New York, NY, 1996), Chapter 4, pp. 125-149.

ESTUDIO COMPARATIVO DEL ÍNDICE CPO Y EL ÍNDICE DE PLACA DE SILNESS Y LOE ENTRE ESTUDIANTES DE PRIMERO Y SEXTO DE LA ESCUELA MANUEL LÓPEZ COTILLA EN TEPATITLÁN DE MORELOS, JAL.

Jazmín Gabriela Vázquez Mendoza¹, Ingrid Martín Dávila¹, Elida Lizeth Barba González², Mónica Gabriela Romo Rodríguez², Katia Alcalá Barbosa², Juan Carlos Rolón Días², María Fernanda Yáñez Acosta³,

¹Estudiantes de la Lic. En Cirujano Dentista del CUALTOS. ²Departamento de Clínicas del CUALTOS, ³ Departamento de Salud CUALTOS.
jazmin.vazquez2003@outlook.com.

RESUMEN

La salud bucal infantil juega un papel fundamental en la prevención de enfermedades orales a largo plazo¹. Este estudio buscó analizar la relación entre la edad escolar y la higiene oral, comparando los valores del índice de dientes cariados, perdidos y obturados (CPO) y el índice de placa de Silness y Loe en niños de primero y sexto de primaria. Se llevó a cabo un estudio transversal comparativo en una muestra de estudiantes de 6 a 12 años de una escuela primaria pública². Se utilizó un muestreo aleatorio estratificado para dividir a los participantes en dos grupos según su grado escolar. Para garantizar la ética en la investigación, se obtuvo la autorización de las autoridades escolares y el consentimiento informado de los padres o tutores. Las evaluaciones clínicas se realizaron de manera directa para medir el índice CPO, mientras que la presencia de placa bacteriana se determinó con el uso de una pastilla reveladora y el índice de Silness y Loe. El análisis estadístico, efectuado mediante SPSS, reveló que el promedio del índice CPO en los niños de primero fue de 2.8 (± 1.10), mientras que en los de sexto ascendió a 4.2 (± 1.30), reflejando un aumento significativo con la edad³. En cuanto al índice de placa de Silness y Loe, los resultados indicaron un promedio del 22.0% (± 3.20) en primero, frente a un 33.0% (± 4.50) en sexto, evidenciando una mayor acumulación de placa en niños mayores. Se realizaron pruebas de normalidad que confirmaron la idoneidad de aplicar pruebas paramétricas, y la prueba t de Student mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ($p < 0.05$). Los hallazgos indican que los estudiantes de sexto grado presentan índices significativamente más altos de caries y acumulación de placa en comparación con los de primero. Asimismo, se observó una correlación positiva entre la edad y el aumento en ambos índices, lo que sugiere que el deterioro de la salud bucal avanza con la edad si no se implementan estrategias preventivas adecuadas. Estos resultados subrayan la necesidad de fortalecer programas de educación en higiene oral desde los primeros años escolares, incluyendo la enseñanza de técnicas de cepillado, uso de hilo dental y visitas regulares al odontólogo como parte de la rutina educativa⁴. Además, se recomienda realizar estudios longitudinales para evaluar la progresión de estos índices y medir el impacto de las intervenciones en la salud bucal infantil.

INTRODUCCIÓN

La infancia es una etapa clave para el establecimiento de hábitos que influyen de forma determinante en la salud a lo largo de la vida. En este contexto, la salud bucal adquiere una relevancia particular, ya que no solo afecta el bienestar físico de los niños, sino también su desempeño escolar, autoestima y calidad de vida. Pese a los avances en la promoción de la salud oral, las enfermedades bucales como la caries dental y la acumulación de placa bacteriana continúan siendo altamente prevalentes en la población infantil, especialmente en regiones donde el acceso a servicios odontológicos y a educación en higiene oral es limitado.

La caries dental es una enfermedad multifactorial, progresiva y prevenible, cuya aparición está estrechamente ligada a factores conductuales, socioeconómicos y educativos. Su evaluación mediante el índice CPO (dientes cariados, perdidos y obturados) proporciona un panorama integral de la experiencia de caries en grupos poblacionales, siendo un instrumento fundamental en la

vigilancia epidemiológica. Por otro lado, la presencia de placa bacteriana, principal precursor de enfermedades gingivales y caries puede ser evaluada de manera sistemática a través del índice de Silness y Løe, el cual permite identificar deficiencias en los hábitos de higiene y diseñar estrategias preventivas específicas.

Estudios previos han documentado que la prevalencia de caries y de placa dental tiende a incrementarse conforme avanza la edad escolar, reflejando no solo cambios en los patrones de comportamiento y autonomía de los niños, sino también posibles fallas en la continuidad de las intervenciones educativas en salud bucal. Sin embargo, son escasos los estudios que comparen directamente estas condiciones entre diferentes grados escolares dentro de un mismo entorno sociocultural, lo cual es clave para la formulación de políticas y programas efectivos.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo comparar los valores del índice CPO y del índice de placa de Silness y Løe entre estudiantes de primero y sexto grado de la Escuela Primaria Manuel López Cotilla, en Tepatitlán de Morelos, Jalisco. La finalidad es identificar posibles diferencias relacionadas con la edad y el grado académico, y generar evidencia que contribuya al diseño de estrategias escolares orientadas a la prevención de enfermedades bucales desde etapas tempranas.

TEORÍA

El desarrollo de una adecuada salud bucal en la infancia no depende exclusivamente del conocimiento técnico o clínico, sino de la capacidad de los sistemas educativos y de salud para integrar prácticas preventivas dentro de las rutinas escolares y familiares. Lejos de tratarse solo de un asunto estético o de confort, la salud oral está directamente relacionada con el rendimiento escolar, la autoestima y el bienestar general del niño¹.

La medición del índice CPO —que registra los dientes cariados, perdidos y obturados— sigue siendo un referente epidemiológico confiable para valorar el impacto acumulado de la caries dental en poblaciones escolares. Su aplicación continua permite monitorear el efecto de los programas de salud y detectar con oportunidad a los grupos en mayor riesgo². Es importante señalar que un CPO elevado en edades tempranas puede anticipar complicaciones más severas en la adolescencia y adultez, tales como infecciones recurrentes, pérdida prematura de dientes y limitaciones funcionales.

La evaluación del índice de placa de Silness y Løe³, por su parte, resulta esencial para valorar los hábitos diarios de higiene bucal y la eficacia del cepillado. Aunque es un indicador puntual, tiene una gran sensibilidad para detectar deficiencias conductuales que podrían mantenerse a lo largo del tiempo. En estudios recientes, su uso ha sido fundamental para medir el impacto de intervenciones educativas en escuelas, evidenciando mejoras cuando los programas son sistemáticos y adaptados a la edad de los escolares⁴.

Diversas investigaciones han confirmado que a medida que los estudiantes avanzan en su escolaridad, tienden a presentar mayores niveles de caries y placa bacteriana. Esto podría deberse a una combinación de factores: mayor consumo de alimentos cariogénicos, disminución del acompañamiento familiar en el aseo personal, y un entorno escolar que no siempre refuerza de manera sostenida los hábitos de higiene oral⁵⁻⁶. Además, el crecimiento psicosocial que acompaña la edad puede provocar que los niños comiencen a tomar decisiones autónomas sobre su alimentación y cuidados, no siempre con criterios saludables.

En este sentido, los programas escolares centrados en la prevención y educación para la salud oral han demostrado ser eficaces, sobre todo cuando integran componentes lúdicos, actividades prácticas y participación de docentes y padres. Intervenciones estructuradas han logrado reducir significativamente los niveles de placa dental y mejorar el conocimiento sobre técnicas de cepillado y cuidado bucal. Sin embargo, también se ha documentado que el impacto sobre la reducción de

caries es más limitado si no se acompaña de acciones clínicas complementarias, como la aplicación de fluoruro o selladores dentales⁷.

Por otro lado, no se puede ignorar el papel que juegan los determinantes sociales de la salud. La literatura muestra una clara asociación entre el nivel educativo de los padres, el ingreso económico y el acceso a servicios odontológicos con la prevalencia de caries y enfermedad periodontal en la infancia⁸. De este modo, incluso las mejores estrategias educativas pueden verse limitadas si no se enmarcan en políticas de equidad en salud y atención oportuna.

Finalmente, los estudios longitudinales han permitido observar la evolución del índice CPO y de placa en función del tiempo y del grado académico. Estas investigaciones ofrecen evidencia robusta sobre cómo las intervenciones escolares sostenidas pueden modificar positivamente la trayectoria de la salud bucal en la infancia⁹. Al identificar a los estudiantes en mayor riesgo y diseñar programas adaptados a sus características específicas, es posible lograr un impacto real, no solo en los indicadores de salud oral, sino también en la calidad de vida y el desarrollo académico de los niños.

PARTE EXPERIMENTAL

Se realizó un estudio observacional, transversal y comparativo en estudiantes de primero y sexto grado de la Escuela Primaria Manuel López Cotilla, ubicada en Tepatitlán de Morelos, Jalisco. La población de estudio estuvo conformada por un total de 34 escolares, con edades comprendidas entre los 6 y los 12 años. Se empleó un muestreo aleatorio estratificado para seleccionar proporcionalmente a los participantes según su grado escolar.

Previo autorización por parte de las autoridades escolares y obtención del consentimiento informado de padres o tutores, se realizaron evaluaciones clínicas individuales. Para el diagnóstico de caries dental se aplicó el índice CPO (Cariados, Perdidos, Obturados), mientras que para determinar el nivel de higiene bucal se utilizó el índice de O'Leary mediante la aplicación de pastillas reveladoras de placa bacteriana.

Análisis estadístico

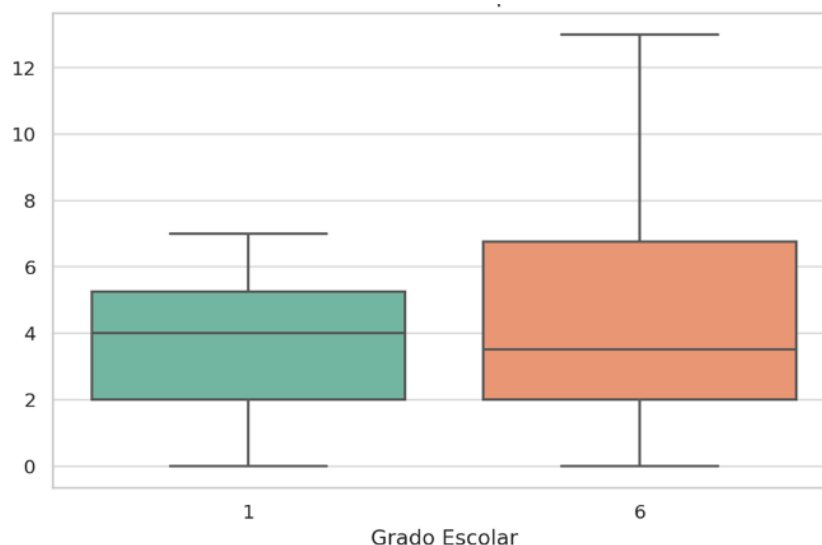
Los datos obtenidos fueron procesados con el software IBM SPSS Statistics. En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo que incluyó medidas de tendencia central y dispersión (media, desviación estándar, mínimo, máximo y percentiles). La prueba de normalidad arrojó resultados compatibles con el uso de pruebas paramétricas.

Se aplicó la prueba t de Student para muestras independientes con el objetivo de comparar los valores medios del índice CPO y del índice de O'Leary entre los grupos de primero y sexto grado.

RESULTADOS

Las evaluaciones clínicas se realizaron de manera directa para medir el índice CPO, mientras que la presencia de placa bacteriana se determinó con el uso de una pastilla reveladora y el índice de Silness y Loe. El análisis de los índices de dientes cariados, perdidos y obturados (CPO) y de placa de Silness y Loe en estudiantes de primero y sexto grado de la Escuela Primaria Manuel López Cotilla revela una tendencia creciente en la prevalencia de caries y acumulación de placa bacteriana conforme avanza la edad escolar. Estos hallazgos son consistentes con estudios recientes que indican que la prevalencia de caries en niños aumenta con la edad y está influenciada por factores como el nivel socioeconómico y los hábitos de higiene oral.

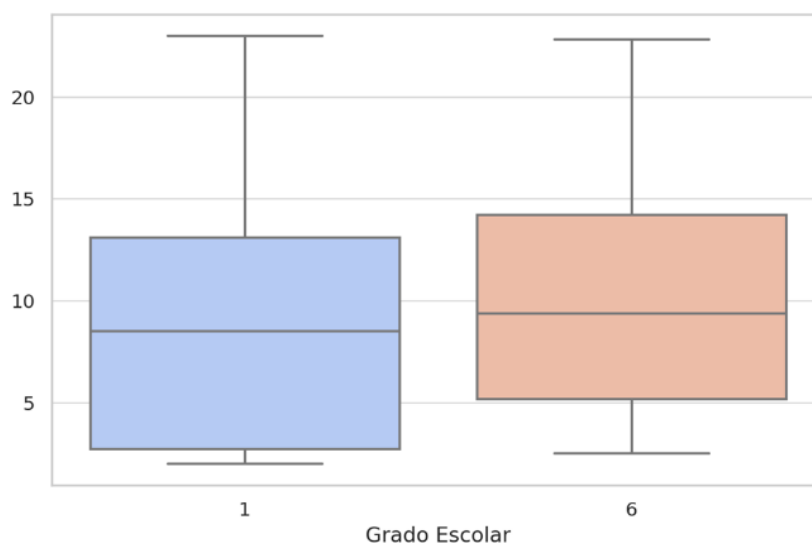
Gráfica No. 1
ÍNDICE CPO POR GRADO



Fuente: Encuestas.

Análisis: El índice CPO más alto lo obtuvieron los estudiantes de sexto grado con un promedio de 4.59, mientras que los de primero presentaron un promedio de 3.66, arrojando un promedio poblacional que evidencia una tendencia creciente con la edad escolar. Este resultado sugiere una progresión en el riesgo de caries conforme avanza el grado académico.

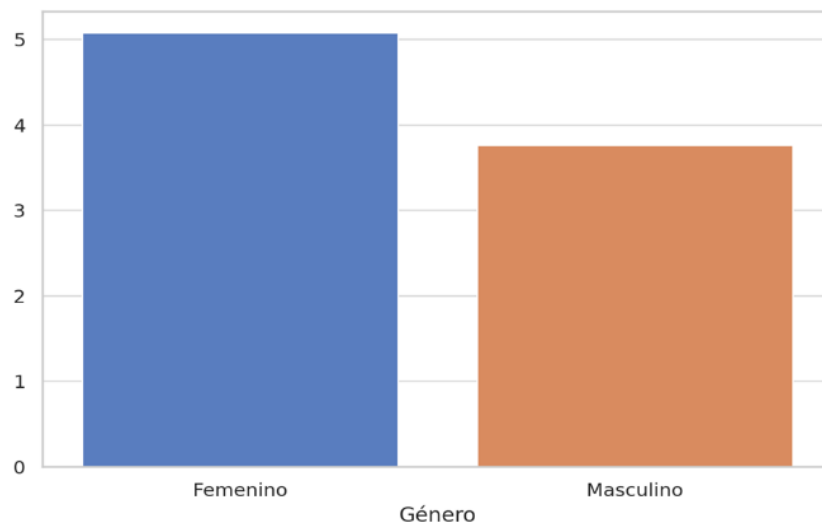
GRÁFICA No.2
ÍNDICE LÔE & SILNESS POR GRADO



Fuente: Encuestas

Análisis: Los estudiantes de sexto grado mostraron una media de 10.6%, ligeramente superior al 9.3% observado en primero. Este comportamiento indica un aumento discreto en la acumulación de placa bacteriana en los grados mayores, lo cual puede atribuirse a hábitos de higiene bucal inadecuados que se mantienen o acentúan con el tiempo.

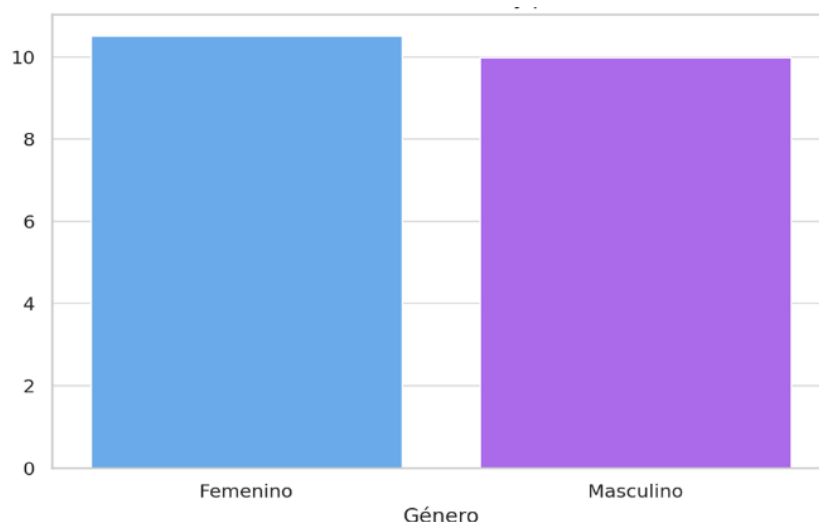
GRÁFICA No.3
ÍNDICE CPO POR GÉNERO



Fuente: Encuestas

Análisis: El índice CPO más elevado correspondió a las niñas con un promedio de 5.07, frente a un 3.76 observado en los niños, lo que refleja una diferencia en la experiencia de caries entre ambos sexos.

GÁFICA No. 4
ÍNDICE LÔE & SILNESS POR GÉNERO



Fuente: Encuestas

Análisis: Las niñas registraron un valor promedio de 10.5%, ligeramente mayor al 9.9% de los niños, indicando que ambos grupos presentan niveles similares de placa bacteriana, sin diferencias marcadas.

El análisis estadístico, efectuado mediante SPSS, reveló que el promedio del índice CPO en los niños de primero fue de 2.8 (± 1.10), mientras que en los de sexto ascendió a 4.2 (± 1.30), reflejando

un aumento significativo con la edad³. En cuanto al índice de placa de Silness y Loe, los resultados indicaron un promedio del 22.0% (± 3.20) en primero, frente a un 33.0% (± 4.50) en sexto, evidenciando una mayor acumulación de placa en niños mayores. Se realizaron pruebas de normalidad que confirmaron la idoneidad de aplicar pruebas paramétricas, y la prueba t de Student mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ($p < 0.05$).

CONCLUSIONES

Los hallazgos indican que los estudiantes de sexto grado presentan índices significativamente más altos de caries y acumulación de placa en comparación con los de primero. Asimismo, se observó una correlación positiva entre la edad y el aumento en ambos índices, lo que sugiere que el deterioro de la salud bucal avanza con la edad si no se implementan estrategias preventivas adecuadas. Estos resultados subrayan la necesidad de fortalecer programas de educación en higiene oral desde los primeros años escolares, incluyendo la enseñanza de técnicas de cepillado, uso de hilo dental y visitas regulares al odontólogo como parte de la rutina educativa⁴. Además, se recomienda realizar estudios longitudinales para evaluar la progresión de estos índices y medir el impacto de las intervenciones en la salud bucal infantil.

BIBLIOGRAFÍA

1. World Health Organization, *Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030*, WHO, Geneva, 2022.
2. Y. Zhou, H. C. Lin, E. C. M. Lo, Effectiveness of school-based oral health promotion programmes: a systematic review, *Community Dent. Oral Epidemiol.*, Vol. 50, 2, 2022, pp. 143–151.
3. A. Silness, H. Loe, Periodontal Disease in Pregnancy II: Correlation Between Oral Hygiene and Periodontal Condition, *Acta Odontol. Scand.*, Vol. 22, 1, 1964, pp. 121–135.
4. Martins MT, Sardenberg F, Abreu MH, Vale MP, Paiva SM, Pordeus IA. Factors associated with dental caries in Brazilian children: a multilevel approach. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2014 Aug;42(4):289-99. doi: 10.1111/cdoe.12087. Epub 2013 Dec 7. PMID: 24354434.
5. Okemwa KA, Gatongi PM, Rotich JK. The oral health knowledge and oral hygiene practices among primary school children age 5-17 years in a rural area of Uasin Gishu district, Kenya. *East Afr J Public Health.* 2010 Jun;7(2):187-90. doi: 10.4314/eajph.v7i2.64723. PMID: 21413602.
6. Blake H, Dawett B, Leighton P, Rose-Brady L, Deery C. School-Based Educational Intervention to Improve Children's Oral Health-Related Knowledge. *Health Promot Pract.* 2015 Jul;16(4):571-82. doi: 10.1177/1524839914560568. Epub 2014 Dec 1. PMID: 25445980.
7. Guarnizo-Herreño CC, Wehby GL. Children's dental health, school performance, and psychosocial well-being. *J Pediatr.* 2012 Dec;161(6):1153-9. doi: 10.1016/j.jpeds.2012.05.025. Epub 2012 Jun 23. PMID: 22727866; PMCID: PMC3459270.
8. Walsh MM. Effects of school-based dental health education on knowledge, attitudes and behavior of adolescents in San Francisco. *Community Dent Oral Epidemiol.* 1985 Jun;13(3):143-7. doi: 10.1111/j.1600-0528.1985.tb00430.x. PMID: 3860334.
9. Starr JR, Ruff RR, Palmisano J, Goodson JM, Bukhari OM, Niederman R. Longitudinal caries prevalence in a comprehensive, multicomponent, school-based prevention program. *J Am Dent Assoc.* 2021 Mar;152(3):224-233.e11. doi: 10.1016/j.adaj.2020.12.005. PMID: 33632412.

DETECCIÓN DE ALTERACIONES MÚSCULO-ESQUELÉTICAS DEL PIE A TRAVÉS DE REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES

Andrés Emiliano Macías Vázquez¹, Israel Miguel Andrés¹, Jorge Armando Ramos Frutos¹, Diego Oliva¹, Roberto Abdiel Sánchez Negrete¹

¹Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC), ²Universidad de Guadalajara.

amacias.estudiantepicyt@ciatec.mx

RESUMEN

El pie es un elemento importante para la motricidad humana, proporciona equilibrio y soporte durante la locomoción. Esta estructura puede presentar deformaciones o alteraciones músculo-esqueléticas, que si no son tratadas a tiempo pueden provocar modificaciones en su biomecánica, lo que podría derivar en lesiones o alteraciones a la marcha. La detección de estas lesiones y alteraciones se llevan a cabo por un ortopedista que realiza un análisis de presión plantar. La interpretación de los datos es realizada regularmente de manera manual por este especialista. El objetivo del estudio es identificar alteraciones musculoesqueléticas del pie a través de redes neuronales convolucionales (CNN) y mapas de presión plantar de forma automática. Se realizó la investigación en un grupo de personas del género masculino con un rango de edad entre los 15 y 58 años, los cuales tenían un índice de masa corporal menor o igual a 29.9. Los participantes fueron seleccionados considerando que estuvieran dentro de los tres diferentes tipos de pie: pie cavo, sano y plano. Personas con amputación parcial del pie y/o con malformaciones severas (dedos en garra, hallux valgus) fueron excluidos. Los datos fueron obtenidos de estudios previos realizados en el laboratorio en Biomecánica del CIATEC. Se obtuvieron datos de 187 pacientes, equivalente a 374 mapas de presión plantar, separándolos por medio del índice de Chippaux-Smirak en los tres conjuntos mencionados.

Se utilizaron dos metodologías de separación de datos: la primera separada en tres subconjuntos, los cuales son entrenamiento con el 70% de los datos, evaluación con 20% y validación con 10%. La segunda metodología se separó en dos subconjuntos, con entrenamiento con 80% y validación con 20%. Se evaluaron los datos obtenidos por medio de distintas arquitecturas de CNN, entre ellas AlexNet, DenseNet, ResNet y Visual Geometry Group (VGG). Se emplearon técnicas estadísticas para procesar las imágenes, como lo son Data Augmentation (DA.), Feature Extraction (FE.) y Fine Tuning (FT.). Los resultados mostraron un aumento en la exactitud de las CNN en la detección de alteraciones aplicando técnicas estadísticas. Al aplicar DA. y FE. a una arquitectura VGG-16 con una metodología 80/20, se obtuvo una exactitud de validación de 83%. Este estudio busca ser una herramienta auxiliar complementaria para médicos, fisioterapeutas, etc., que les permita identificar las alteraciones músculo-esqueléticas del pie de manera temprana.

INTRODUCCIÓN

El pie es un punto vital en el cuerpo humano, ya que permite el movimiento y el equilibrio del cuerpo, además de soportar las presiones de este. Si se presentan deformaciones o alteraciones en los pies y no son tratadas a tiempo pueden llegar a provocar modificaciones en la biomecánica de este y generar lesiones en su estructura u otras partes del cuerpo, siendo ejemplo la columna, la cadera, las rodillas, tobillos, etc. [1]. Para la detección de una alteración músculo-esquelética en el pie del paciente se realiza un análisis ortésico conocido como baropodometría [2], con el cual se obtiene un mapa de presión plantar. Se debe tener la supervisión de un ortopedista para poder interpretar los resultados e identificar si existe alguna formación de alteraciones músculo-esqueléticas, lo cual aumenta el tiempo necesario para obtener los resultados finales. Además, existe la probabilidad de presentar un margen de error alto por distintos factores, como lo pueden ser la complejidad de la imagen, el índice utilizado para la identificación de alteraciones, entre otros.

El aprendizaje máquina es parte de la inteligencia artificial, siendo el método de desarrollar sistemas computacionales capaces de tomar decisiones y mejorar por experiencia propia. Son utilizados para mejorar y automatizar procesos de cualquier tipo que permitan el uso de un sistema computacional. Dentro de este se encuentran las redes neuronales, las cuales permiten realizar procesos más complejos y que necesitan mayor exactitud. Existen diferentes tipos de redes neuronales dependiendo de lo que se pretenda analizar y clasificar, en este caso escogiéndose las redes neuronales convolucionales.

En el caso de la detección de alteraciones músculo-esqueléticas, el proceso puede ser automatizado por medio de estas para brindarle una herramienta al ortopedista que permita tanto el ahorro de tiempo como el aumento de precisión, además de permitir la detección temprana de las alteraciones con el objetivo de ayudar tanto al ortopedista para poder tratarlas más rápido como al paciente evitándole posibles lesiones a causa de estas. Por lo cual se realizará la comparación entre diferentes arquitecturas de redes neuronales convolucionales, y la aplicación de técnicas estadísticas, para determinar la que brinde mejor apoyo a la toma de decisiones del ortopedista.

TEORÍA

Para el trabajo efectuado, se centró en dos tipos de alteraciones músculo-esqueléticas en el pie. El primero es el pie plano, que es el tipo de pie que muestra una disminución del arco longitudinal medial y desviación lateral del talón, provocando que la marcha no sea normal y haya dolores al caminar. El segundo es el pie cavo, el cual es el tipo de pie que presenta un aumento en la altitud y amplitud del arco longitudinal medial, provocando que el retropié esté más cercano del antepié, provocando deformidad en garra de los dedos y una retracción del complejo plantar. Para obtener el tipo de alteración de manera manual, se utilizó el índice de Chippaux-Smirak [3]. Se ha podido observar que este índice unidimensional es el que mejores resultados presenta, en comparación a similares como Staheli y Clarke (Gonzalez-Martin Cristina et al., 2017; Paecharoen et al., 2023). También serán integrados pies considerados como “sanos” por el índice mencionado.

Adicionalmente, se decidió el uso de redes neuronales para el análisis y clasificación de los datos. Las redes neuronales están divididas en tres etapas: capa de entrada de datos, procesamiento entre capas ocultas y capa de salida (Han et al., 2018). Las redes neuronales cuentan con tres categorías de datos: datos de entrada, parámetros e hiperparámetros. Los primeros son los ingresados por el usuario, los segundos son parte del método seleccionado y se ajustan dependiendo de lo que reciban, y los últimos, son variables de configuración ajustados manualmente.

Es necesario escoger la arquitectura de red neuronal que más se ajuste al proyecto que se está realizando, ya que cada una tiene herramientas y especificaciones diferentes, como la utilización de imágenes o datos numéricos como entrada, contar con retroalimentación, entre otros. La arquitectura que se utilizó fue redes neuronales convolucionales (CNN). Las redes convolucionales reciben como dato de entrada una imagen, y dan como salida la clasificación de esta. Se divide en tres tipos de capas diferentes: entrada, capas ocultas intermedias y salida [7]. En la Figura 1. se puede observar una representación gráfica de una red neuronal convolucional y el proceso que realiza.

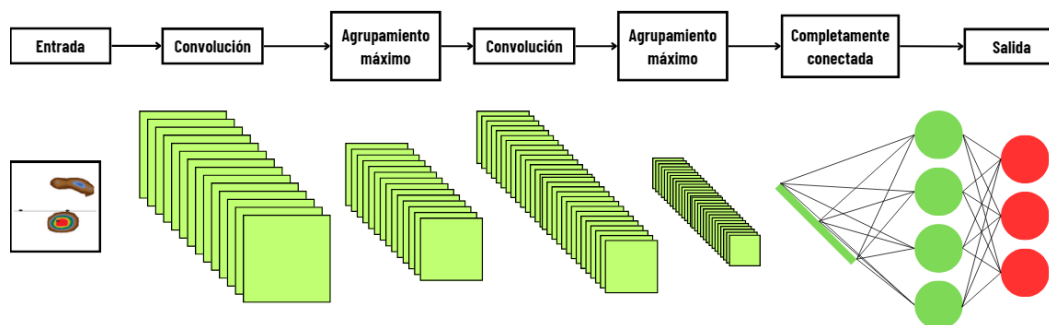


Figura 1: Representación gráfica de las redes neuronales convolucionales.

PARTE EXPERIMENTAL

Se seleccionó un grupo de control en el que el paciente debía ser del género masculino, los cuales están dentro de un rango de edad entre los 15 y 58 años, además de tener un índice de masa corporal (IMC) menor o igual a 29.9 kg/m^2 . Los pacientes seleccionados contaban con uno de tres diferentes tipos de pie: pie cavo, sano y plano. Personas con amputación parcial del pie y/o malformaciones severas fueron excluidos. Se hizo uso de la base de datos del laboratorio nacional en Biomecánica del cuerpo humano del Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC). Los datos fueron obtenidos por medio del servicio de baropodometría que ofrece el laboratorio. Se obtuvieron por medio de esta base de datos 187 pacientes dentro del grupo de control, teniendo 374 pies en total.

Se hizo uso del índice de Chippaux-Smirak para poder clasificar el tipo de pie del paciente dentro de los mencionados. Se realizó la medida en base de la imagen del pie plantar, obtenida por medio del equipo "Podoscan". Al clasificarse cada pie por su tipo se guardó y separó el mapa de presión plantar de cada uno dependiendo del resultado. En la tabla 1 se puede observar la cantidad de mapas de presión plantar obtenidas por cada pie. Se puede observar un alto número de mapas de presión de pie cavo y sano, mientras el pie plano cuenta con dos terceras partes de estos. En la figura 2.A se puede observar cómo se realiza la medición del pie y se aplica el índice Chippaux-Smirak. En las figuras 2.B, 2.C y 2.D. podemos observar ejemplos de mapas de presión plantar obtenidos de pie cavo, pie sano y pie plano respectivamente.

Tabla 1: cantidad de mapas de presión plantar por tipo de pie

Pie	Cavo	Sano	Plano	Total
Izquierdo	71	65	51	187
Derecho	73	72	42	187
Total	144	137	93	374

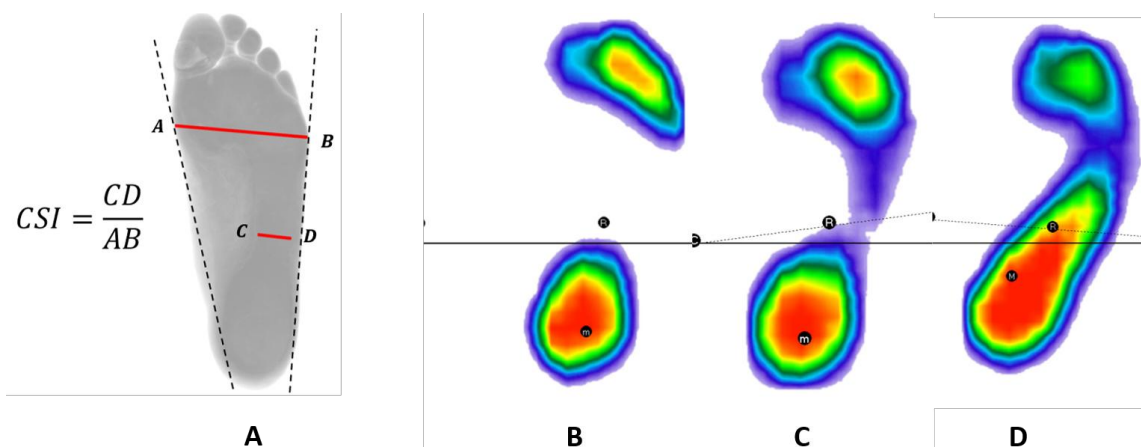


Figura 2: A) Índice Chippaux-Smirak, B) Mapa de presión plantar de pie cavo, C) Mapa de presión plantar de pie sano, D) Mapa de presión plantar de pie plano

Al tener los datos clasificados, se realizaron dos metodologías de separación de datos: la primera separada en tres subconjuntos, entrenamiento con el 70% de los datos, evaluación con 20% y validación con 10%. La segunda metodología se separó en dos subconjuntos, entrenamiento con 80% y validación con 20%. Al tenerse preparadas las metodologías se procedió a realizar y probar el algoritmo para diferentes arquitecturas de redes neuronales. Las arquitecturas utilizadas fueron DenseNet-201, MobileNet V2, ResNet-50, VGG-16, VGG-19. Adicionalmente, se emplearon técnicas

estadísticas para procesar las imágenes como lo son Data Augmentation, Feature Extraction y Fine Tuning.

RESULTADOS

Se puede observar en la tabla 2 los resultados de las pruebas realizadas en cada arquitectura de red neuronal. La técnica utilizada para los datos presentadas fue 80% entrenamiento y 20% validación. Se realizó un promedio de los valores obtenidos en la validación del algoritmo en 50 épocas por arquitectura, obteniendo la exactitud, la precisión, la sensibilidad y el F1-Score. Como puede observarse, la arquitectura que mayores resultados dio en las cuatro variables fue VGG-19, obteniendo una exactitud de 82.95% y un F1-Score de 83.01%. La arquitectura que presentó promedios mas bajos fue ResNet-50, no obteniendo una exactitud mayor a 70% y teniendo un F1-Score bajo de 65.5%. Dentro de las técnicas estadísticas utilizadas, tanto Data Augmentation como Feature Extraction presentaron una mejoría a los resultados, mientras que Fine Tuning tuvo problemas con la estabilización de los resultados en las épocas, por lo cual no fue tomado en cuenta para la presentación de los datos.

Tabla 2: Resultados obtenidos en Visual Geometry Group-19 (VGG-19) y arquitecturas del estado del arte

Clasificador	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
DenseNet-201	0.8024	0.8026	0.8017	0.8021
MobileNetV2	0.8219	0.8233	0.8199	0.8215
ResNet-50	0.6986	0.7199	0.6066	0.6551
VGG-16	0.8164	0.8198	0.8151	0.8174
VGG-19	0.8295	0.8317	0.8286	0.8301

En la figura 3.A puede observarse la gráfica de exactitud de validación de la arquitectura VGG-16, la tercera con resultados más altos y que presenta la segunda mejor estabilidad. Se puede observar como obtiene un estado estable dentro del rango de 80-83% de exactitud al pasar la época 20. En la figura 3.B se tiene la gráfica de exactitud de validación de la arquitectura VGG-19, siendo la que presentó mejores resultados en comparación a las demás. Podemos observar como igualmente pasando la época 20 logra una estabilidad mayor, manteniendo el valor de la exactitud entre 82-85%.

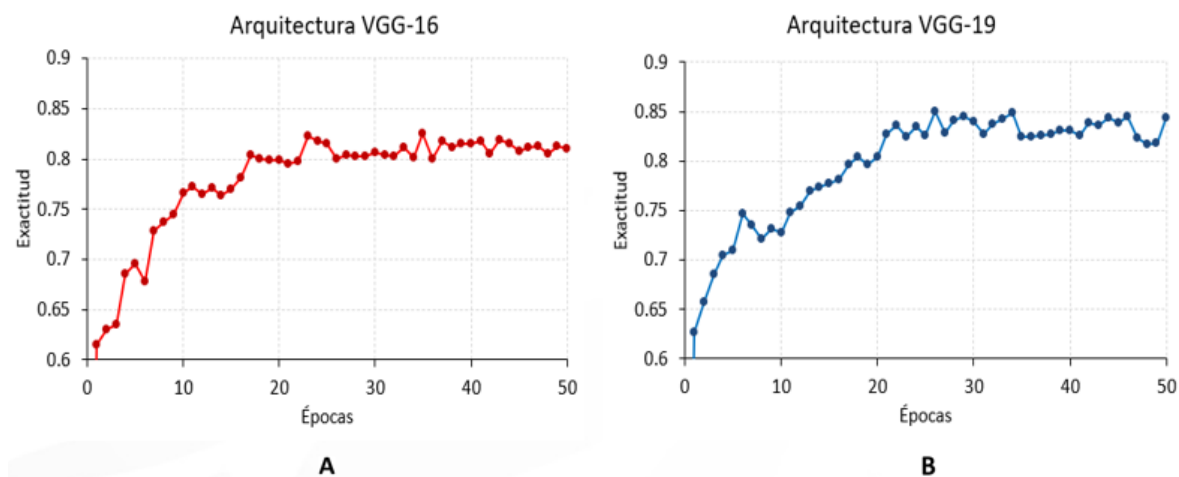


Figura 3: A) Gráfica de exactitud de validación con respecto a las épocas en VGG-16, B) Gráfica de exactitud de validación con respecto a las épocas en VGG-19 1 línea en blanco

CONCLUSIONES

Se han obtenido resultados dentro del rango esperado, obteniendo promedios de exactitud arriba del 80%. Uno de los puntos a tratar en futuros trabajos es la mejoría en la estabilidad de las épocas, además de reducir posible overfitting por esto. Este estudio busca ser una herramienta auxiliar complementaria para médicos, fisioterapeutas, etc., que les permita identificar las alteraciones músculo-esqueléticas del pie de manera temprana, lo cual brindará beneficios tanto a los especialistas como a los pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. I. Miguel Andrés & J. J. Mayagoitia Vázquez, "Alteraciones músculo-esqueléticas del pie. En Biomecánica: Conceptos y aplicaciones", *CIATEC*. 1a ed., pp. 122–127, 2021.
2. A. Hurtado Padilla. "Uso de la baropodometría", *Orthotips*, 2(4), pp. 255–261. 2006.
3. A. Almaaw, "Flatfoot prevalence in Riyadh city Saudi Arabia and its association with obesity, using three footprint indices; Clark's angle, Chippaux-Smirak index, and Staheli index", *Orthopedics and Rheumatology Open Access Journal*, no. 15(2). 2019.
4. C. González Martin, P. Fernández, T. Seoane Pillado, B. Calviño, S. Pertega Diaz, V. Gil Guillen, "Variability between Clarke's angle and Chippaux-Smirak index for the diagnosis of flat feet", *Colombia MÃ*, 48, pp. 25–31. 2017.
5. S. Paecharoen, M. Arunakul, N. Tantivangphaisal, "Diagnostic Accuracy of Harris Imprint Index, Chippaux-Smirak Index, Staheli Index Compared With Talar-First Metatarsal Angle for Screening Arch of Foot", *Annals of Rehabilitation Medicine*, 47(3), pp. 222–227. 2023.
6. S. Han, K. Kim, S. Kim, Y. Youn, "Artificial neural network: understanding the basic concepts without mathematics", *Dementia and Neurocognitive Disorders*, 17(3), pp. 83. 2018.
7. R. Yamashita, M. Nishio, R. Do & K. Togashi, "Convolutional neural networks: an overview and application in radiology", *Insights into Imaging*, no.. 9(4), pp. 611–629. 2018.

PREDICCIÓN DE LA FATIGA MUSCULAR DEL GASTROCNEMIO CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ANÁLISIS MULTIMODAL

Ana Cristina Ordaz López¹, Jorge Luis Flores Nuñez¹, Francisco Javier Alvarez Padilla¹

¹Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara,
ana.ordaz8715@alumnos.udg.mx

RESUMEN

La fatiga muscular es un fenómeno complejo que involucra la disminución progresiva de la capacidad de un músculo para generar fuerza, resultado de procesos fisiológicos y neuromusculares interconectados. En particular, el músculo gastrocnemio, fundamental en la locomoción y el equilibrio, es altamente susceptible a la fatiga, por lo que constituye un modelo ideal para su evaluación. A pesar de la diversidad de métricas empleadas para cuantificar la fatiga, una evaluación objetiva y en tiempo real sigue siendo un desafío. Este estudio propone un enfoque innovador basado en inteligencia artificial y análisis multimodal, utilizando indicadores tanto objetivos como subjetivos. Entre los indicadores objetivos se incluyeron señales electromiográficas (sEMG), imágenes termográficas, saturación de oxígeno en sangre, frecuencia cardíaca y presión arterial y como indicador subjetivo, se evaluó la percepción del esfuerzo mediante la escala de Borg. El estudio se realizó con una población de 22 estudiantes, quienes participaron en un protocolo de contracciones con una carga fija del 50% de su percepción de esfuerzo máximo. La prueba consistió en 15 repeticiones parciales seguidas de 5 repeticiones completas, para alcanzar la fatiga muscular. Durante la rutina se registraron señales sEMG en tiempo real. Además, antes y después de la prueba se adquirieron imágenes termográficas y se midieron parámetros fisiológicos complementarios. Los datos recopilados fueron procesados en Python y empleados para entrenar modelos supervisados y no supervisados de *Machine learning* (Árbol de decisión, *Random forest* y *K-means*) con el objetivo de predecir la fatiga muscular. Los resultados obtenidos revelan una correlación significativa entre el nivel de fatiga, la frecuencia media de la densidad espectral de potencia y el valor RMS de la señal sEMG, ambos parámetros considerados indicadores clave para evaluar la fatiga muscular. Asimismo, se identificó un cambio en la temperatura superficial del músculo, relacionado directamente con el esfuerzo físico sostenido. La combinación de análisis multimodal y *Machine learning* presenta un alto desempeño en la estimación de la fatiga muscular en relación con los niveles de actividad física, con aplicaciones potenciales en los ámbitos deportivo, clínico y de rehabilitación.

INTRODUCCIÓN

La fatiga muscular es un fenómeno fisiológico complejo que se manifiesta como una disminución progresiva de la capacidad del músculo para generar fuerza o mantener un rendimiento sostenido. Afecta a individuos de todas las edades y niveles de condición física, tanto en actividades cotidianas repetitivas como en contextos deportivos, y constituye un factor de riesgo importante para el desarrollo de lesiones musculares.

Las causas de la fatiga muscular son diversas e incluyen factores como una planificación inadecuada del entrenamiento, una recuperación energética insuficiente, un aumento abrupto de las cargas físicas o la exposición a intensidades altas mantenidas por períodos prolongados. En todos estos casos, el sistema musculoesquelético se ve sometido a condiciones de sobre-esfuerzo, lo que incrementa la vulnerabilidad a lesiones estructurales [1].

En el ámbito deportivo, las lesiones de las extremidades inferiores son las más frecuentes, tanto en atletas recreativos como en aquellos de alto rendimiento [2]. Debido a su papel esencial en la generación de fuerza durante acciones deportivas específicas, el gastrocnemio es particularmente susceptible a lesiones por sobrecarga. Estas lesiones suelen ocurrir durante fases de aceleración, desaceleración o durante dorsiflexiones forzadas con la rodilla extendida [3, 4]. Cabe mencionar, que esta región muscular es de particular importancia en deportes como el béisbol, tenis, el voleibol y el fútbol, donde la activación explosiva del complejo gastrocnemio-sóleo es continua [5].

El gastrocnemio está situado en la región posterior superficial de la pierna, y está compuesto por dos músculos principales: la cabeza medial y lateral del gastrocnemio, ambos se originan en los cóndilos femorales y el sóleo, el cual se origina en las diáfisis proximales de la tibia y el peroné. Ambos músculos convergen para formar el tendón de Aquiles, cuya función es clave en la locomoción e incluye la flexión plantar del tobillo y la flexión de la rodilla [6,7].

Tradicionalmente, la estimación de la fatiga muscular se basa en métodos subjetivos, en los cuales los individuos valoran su percepción del esfuerzo a través de escalas estandarizadas. Una de las más utilizadas es la Escala de Categorías CR-10, también conocida como la Escala de Borg [8], que permite al sujeto expresar el nivel de fatiga percibido durante o después de la actividad física.

Aunque estas herramientas son comunes en entornos deportivos y clínicos debido a su practicidad, presentan limitaciones importantes. La principal debilidad de este enfoque radica en su dependencia de la percepción individual, la cual puede estar influenciada por factores psicológicos, motivacionales, el umbral del dolor, o la experiencia previa del sujeto. Esto genera una alta variabilidad que dificulta la comparación objetiva entre distintos individuos o sesiones de ejercicio.

Por otro lado, en contextos donde se requiere un monitoreo preciso del rendimiento muscular (como en investigaciones científicas o en intervenciones clínicas especializadas), la subjetividad no garantiza fiabilidad ni repetibilidad. Por estas razones, se ha vuelto cada vez más relevante complementar o reemplazar estas técnicas con métodos cuantitativos y objetivos, como el análisis de señales electromiográficas (sEMG), la termografía infrarroja (IRT) o parámetros fisiológicos medibles, que podrían definir con mayor precisión el estado muscular real.

En respuesta a esta problemática, el presente estudio desarrolla un enfoque innovador que combina técnicas de aprendizaje automático y la integración de distintas fuentes de información biomédica. Para ello, se emplearon indicadores objetivos (sEMG, cambios de temperatura, por mencionar algunos) y subjetivos basados en la escala de Borg a un grupo de estudiantes universitarios con distintos niveles de actividad física. El procesamiento de los datos mediante algoritmos de *Machine learning*, específicamente mediante técnicas de aprendizaje supervisado como *Árbol de decisión* y *Random forest*, así como métodos no supervisados como *K-means*, permitió identificar patrones relevantes y establecer una clasificación del nivel de actividad física en función de la percepción subjetiva de esfuerzo. Los resultados demostraron que los modelos supervisados, obtuvieron un mejor desempeño en términos de exactitud, lo que evidencia su potencial como herramientas para la predicción y análisis de la percepción de esfuerzo físico en relación con la fatiga.

TEORÍA

La fatiga muscular es un fenómeno complejo, influido por múltiples causas, mecanismos y se manifiesta de diversas formas [9]. Este proceso puede evaluarse objetivamente mediante distintos parámetros fisiológicos como la presión arterial, la saturación de oxígeno en sangre o la variación de la temperatura muscular. Este último evaluado mediante la termografía infrarroja que ha demostrado ser una herramienta eficaz para detectar cambios de temperatura inducidos según el tipo entrenamiento, intensidad, duración y el nivel de actividad física del individuo. Esto se debe a diversos factores combinados, como el metabolismo, la contracción muscular, la sudoración y la circulación sanguínea en la piel, por mencionar algunos [10].

Entre las técnicas más relevantes para la evaluación de la fatiga muscular destaca la electromiografía de superficie (sEMG), debido a su sólida base científica y a su estrecha relación con los cambios bioquímicos y fisiológicos que ocurren en el músculo durante las contracciones, además de ser una técnica no invasiva, con aplicación en tiempo real, y que presenta una alta especificidad para evaluar un músculo en particular [11].

En la literatura se reporta, que el valor de la raíz cuadrática media (RMS) de la señal electromiográfica superficial (sEMG) se incrementa en función del esfuerzo realizado o del nivel de la fatiga muscular [12]. Esta métrica permite cuantificar la magnitud o intensidad efectiva del electromiograma en esa ventana de datos se puede estimar mediante

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} ,$$

donde, N es el número total de datos en la secuencia o registro y x_i representa el valor de la señal en un instante dado, i .

En el dominio de Fourier, es frecuente utilizar la frecuencia mediana (MED) obtenida a partir de la densidad espectral de potencia. En el caso de la MED, en la literatura se reporta que ésta tiende a disminuir conforme aumenta la fatiga muscular, y esta disminución suele aproximarse mediante un modelo lineal [13]. La MED se puede estimar mediante

$$\int_0^{MED} P(f) df = \frac{1}{2} \int_0^{f_{max}} P(f) df ,$$

donde, $P(f)$ representa la densidad espectral de potencia, f_{max} es la frecuencia máxima del espectro, y MED es la frecuencia mediana, es decir, aquella que divide el espectro de potencia en dos áreas iguales.

Machine learning, es una técnica de inteligencia artificial, que se enfoca en el desarrollo de algoritmos capaces de aprender a partir de datos para realizar tareas específicas sin ser programados explícitamente. Estos algoritmos se dividen principalmente en dos categorías: supervisados y no supervisados. En el aprendizaje supervisado (*Árbol de decisión*, y *Random forest*), los modelos se entrenan utilizando conjuntos de datos con pares entrada-salida etiquetados, con el objetivo de predecir resultados futuros [14]. En cambio, cuando los datos carecen de etiquetas, se emplea el aprendizaje no supervisado (*K-means*) [15].

El algoritmo de *Árbol de decisión* ([En la Figura 1(a)]) se ilustra un arreglo esquemático del método supervisado aplicable tanto a problemas de clasificación (salidas discretas) como de regresión (salidas continuas). Su estructura jerárquica emula la forma de un árbol: las raíces representan el conjunto de datos, los nodos internos representan condiciones basadas en características de los datos, las ramas muestran los posibles resultados de dichas condiciones y las hojas contienen las predicciones finales.

Entre sus principales ventajas destacan su interpretabilidad, facilidad de visualización y capacidad para modelar relaciones no lineales complejas entre variables. No obstante, presenta desventajas como su susceptibilidad al sobreajuste y una menor eficacia en problemas con múltiples clases de salida [16,17]. Mientras en la [(Figura 1(b))] se muestra un esquemático, el cual describe el método de *Random forest*, es un algoritmo supervisado que combina múltiples *árboles de decisión* para mejorar la precisión predictiva. La predicción final se obtiene mediante votación mayoritaria en tareas de clasificación o promediado en tareas de regresión [18, 19]. Entre sus ventajas destacan su alta precisión, robustez frente al sobreajuste y buen rendimiento incluso con grandes volúmenes de datos. Además, es relativamente sencillo de implementar y ajustar [20]. Finalmente, en la [(Figura 1(c))] se muestra el esquemático correspondiente a *K-means*, éste es un algoritmo no supervisado de *clustering* que agrupa los datos en k *clústeres*, minimizando la suma del error cuadrático entre cada punto y el centroide de su grupo correspondiente. Este método es especialmente útil para identificar estructuras o patrones ocultos en conjuntos de datos sin etiquetar, permitiendo segmentar la información de forma automática y eficiente [21].

Validación de *Machine learning*

En el desarrollo de modelos de *Machine learning*, resulta esencial evaluar tanto el comportamiento del modelo, en torno a su frontera de decisión, como su capacidad de generalización en condiciones representativas del entorno real. Para ello, se utilizan diversas métricas de validación que permiten

evaluar de manera cuantitativa el rendimiento del modelo al enfrentar datos no vistos previamente [22].

Uno de los enfoques más comunes para la evaluación de tareas de clasificación binaria es el uso de la matriz de confusión, la cual permite identificar y diferenciar los distintos tipos de aciertos y errores cometidos por el modelo. Esta matriz contabiliza los verdaderos positivos (TP), es decir, las instancias positivas correctamente clasificadas; los verdaderos negativos (TN), que corresponden a las instancias negativas también clasificadas correctamente; los falsos positivos (FP), cuando el modelo predice erróneamente un caso negativo como positivo; y los falsos negativos (FN), cuando no logra identificar una instancia positiva y la clasifica como negativa.

La sensibilidad (*recall* en inglés) indica la capacidad del modelo para identificar correctamente los casos positivos reales,

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} ,$$

mientras que la precisión (PPV) refleja la proporción de predicciones positivas que son correctas

$$PPV = \frac{TP}{TP + FP} .$$

El F1 Score, como media armónica entre precisión y recall, ofrece una medida equilibrada del desempeño, especialmente útil ante clases desbalanceadas

$$F1\ Score = \frac{2}{\frac{1}{PPV} + \frac{1}{Recall}} .$$

La exactitud representa el porcentaje total de aciertos en el conjunto de datos, considerando tanto positivos como negativos

$$Exactitud = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + FN} .$$

En el caso de modelos no supervisados o agrupamientos (*clustering*), se recurre a métricas como el Índice Rand Ajustado (ARI), que compara la concordancia entre los grupos predichos y las verdaderas etiquetas, corrigiendo el azar. Un ARI cercano a 1 indica una alta similitud entre las agrupaciones obtenidas y las reales, siendo una métrica robusta para validar modelos de *clustering* como *K-means*.

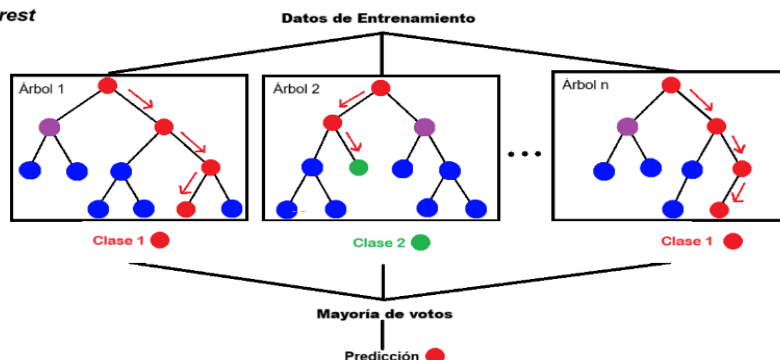
Estas métricas, combinadas con un análisis de la frontera de decisión, permiten no solo validar cuantitativamente el desempeño del modelo, sino también comprender su comportamiento en escenarios clínicos o experimentales, donde la correcta clasificación puede tener implicaciones funcionales o diagnósticas relevantes [22].

Árbol de decisión



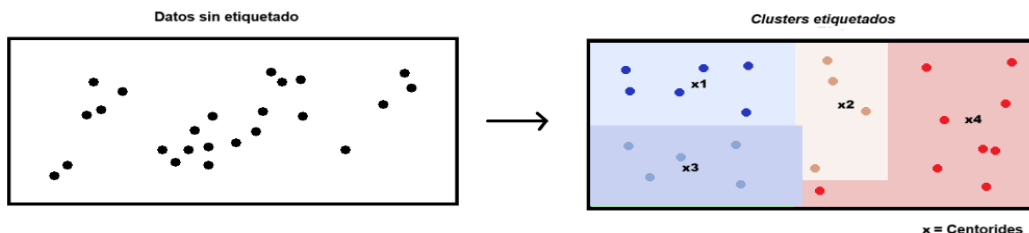
a)

Random forest



b)

K-means



c)

Figura 1. Modelos de Machine learning: Supervisados; (a) Árbol de decisión, (b) Random forest y (c) no supervisado K-means.

PARTE EXPERIMENTAL

SUJETOS

El estudio se realizó en 22 estudiantes universitarios. En la [Tabla 1] se muestran las características demográficas y físicas de los participantes. Los participantes presentan distintos niveles de actividad física y en torno a esta fueron clasificados en cuatro categorías: sedentario, ligero (caminata, estiramientos, yoga), moderado (cardio, pesas ligeras) e intenso (entrenamiento de alta intensidad, deportes de alto rendimiento). En cumplimiento con las normas éticas de investigación, los datos recolectados fueron codificados y se mantuvieron confidenciales para proteger la identidad de los participantes.

Previo a la realización del protocolo experimental, se solicitó a los participantes seguir una serie de recomendaciones con el fin de estandarizar las condiciones fisiológicas y minimizar alteraciones en los resultados. Estas incluyeron: evitar la realización de actividad física intensa al menos 24 horas antes de la sesión; procurar un descanso nocturno de entre 6 y 8 horas; abstenerse del consumo de alimentos con alto contenido graso, así como de sustancias estimulantes como cafeína, nicotina o cualquier otro compuesto que pudiera alterar los parámetros fisiológicos; mantener una adecuada hidratación; no aplicar cremas, lociones u otros productos tópicos en la zona de estudio; y vestir ropa cómoda que no generara compresión sobre la región anatómica evaluada.

Tabla 1. Características demográficas de los participantes.

	Total: 22 participantes	
Grupo de edades	21 $\pm$ 29 años	
Género	Femenino: 36.3%	Masculino: 63.6 %
Nivel de actividad física	(i). Sedentario: 22.7% (ii). Actividad leve: 45.4% (iii). Actividad moderada: 13.6% (iv). Actividad intensa: 18.1%	
Criterios de inclusión	Sujetos aparentemente sanos.	
Criterios de exclusión	(i). Amputaciones. (ii). Lesiones musculares o esqueléticas. (iii). Anomalías que impidan la adquisición de señales sEMG estándar. (iv). Estar bajo tratamiento farmacológico que pueda alterar la actividad neuromuscular. (v). Presencia de dolor persistente que pueda alterar el patrón de movimiento o activación muscular.	

Adquisición de Datos

sEMG

La sEMG fue registrada en el músculo gastrocnemio medial; previo a la colocación de los electrodos, se realizó una preparación estandarizada de la piel para garantizar la calidad de la señal. La superficie fue limpiada con alcohol etílico al 70% para eliminar residuos grasos e impurezas, seguida de una abrasión ligera con un perfilador fino, con el objetivo de reducir la impedancia cutánea por debajo de 5 k Ω , conforme a las recomendaciones internacionales.

En [Figura 2(b)] se observa la colocación de dos electrodos de superficie, los cuales están alineados con la orientación de las fibras musculares del gastrocnemio medial, desde su origen proximal hasta su inserción distal y un tercer electrodo de referencia fue ubicado sobre la rótula, asegurando una fijación adecuada para minimizar artefactos por movimiento. La colocación de los electrodos y la preparación de la piel se realizaron siguiendo las directrices de localización del proyecto SENIAM [23], lo que permitió asegurar la reproducibilidad y precisión de las mediciones.

El registro de la señal sEMG se llevó a cabo mediante el sistema Biopac Systems Student Lab MP36. Las señales fueron muestreadas a una frecuencia de 1000 muestras/segundo y filtradas con un pasa bandas Butterworth de 4 orden (20 - 250 Hz) para eliminar componentes fuera del rango fisiológico de interés. El protocolo de ejercicio muscular consistió en una tarea de elevación de pantorrilla a una pierna, utilizando una carga externa equivalente al 50% de su percepción de esfuerzo máximo (ME), aplicado mediante una mancuerna sostenida del mismo lado de la pierna bajo estudio, asegurando una distribución biomecánica adecuada de la carga [Figura 2(a)]. La rutina de actividad física constó de 15 repeticiones parciales seguidas de 5 repeticiones completas, diseñadas para inducir fatiga muscular localizada. Todas las mediciones se realizaron en la pierna derecha y las señales sEMG fueron registradas en tiempo real durante la ejecución del esfuerzo. El procesamiento de la señal electromiográfica se realizó en Python, incluyó la rectificación completa y el cálculo de la raíz cuadrática media (sEMG_{RMS}) [Ecuación 1] utilizando una ventana móvil de 1s, con un desplazamiento definido de 0.5s, para obtener la evolución temporal del esfuerzo muscular. Para cada ventana, se calculó también la frecuencia mediana (sEMG_{MED}) [Ecuación 2]. A ambas métricas, se ajustaron modelos de regresión lineal con el fin de analizar su tendencia.

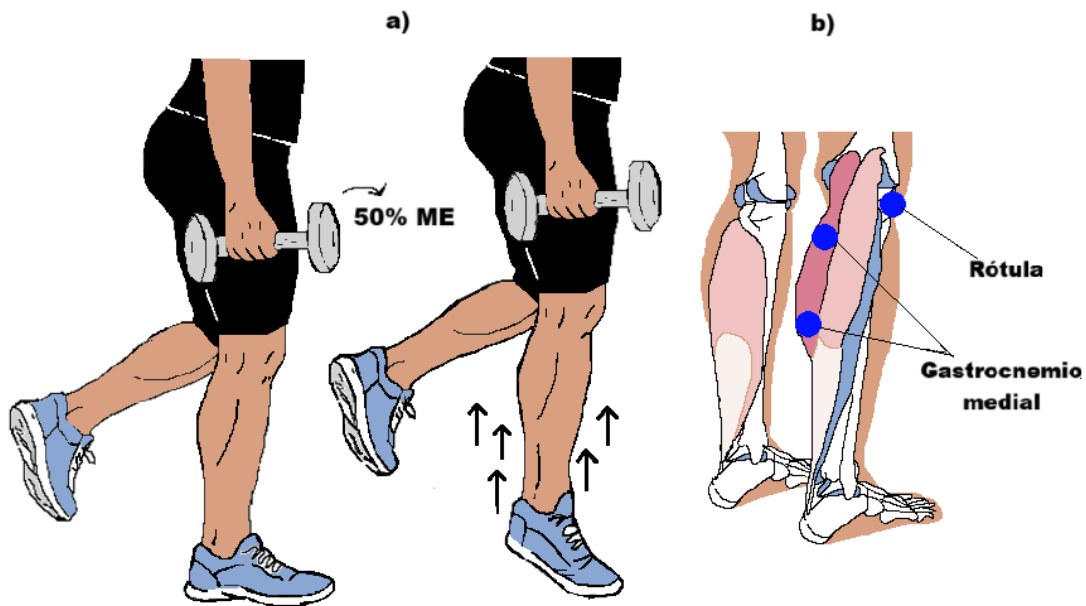


Figura 2. (a) Rutina de elevación de pantorrilla a una pierna, y (b) región de colocación de electrodos.

TERMOGRAFÍA

Antes y después de la rutina, se adquirieron las imágenes térmicas, de la región de interés (ROI), utilizando un multímetro con cámara termográfica (modelo DM285, marca FLIR), con un rango de operación de -10°C a 150°C y una resolución de 160×120 píxeles. Aunque la emisividad real de la piel humana es aproximadamente 0.98, el dispositivo sólo permitía configurar un valor máximo de 0.95, el cual fue adoptado para todas las mediciones.

Las adquisiciones se realizaron bajo condiciones estandarizadas: a la misma hora del día, en un recinto climatizado, manteniendo una distancia fija entre el dispositivo y la piel. Se procuró que el punto de medición térmica estuviera centrado entre los dos electrodos alineados con las fibras musculares, y que la orientación de la cámara fuera lo más perpendicular posible a la superficie de interés, con el fin de maximizar la cantidad de píxeles en la ROI.

Mediciones fisiológicas complementarias

Con el objetivo de evaluar la respuesta sistémica al ejercicio, se registraron variables fisiológicas clave antes y después de la rutina de actividad física. La frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno en sangre (SpO_2) fueron medidas mediante un pulsioxímetro digital de dedo, mientras que la presión arterial sistólica y diastólica se obtuvo utilizando un baumanómetro digital automático.

Adicionalmente, a partir de los datos demográficos presentados en la [Tabla 1], se calculó el índice de masa corporal (IMC) y la superficie corporal (SC). El IMC se obtuvo mediante la fórmula tradicional peso/estatura^2 (kg/m^2), mientras que la SC se estimó utilizando la ecuación de DuBois.

Análisis Multimodal con *Machine learning*

Los modelos de *Machine learning* se entrenaron utilizando la base de datos completa. Para evaluar su rendimiento, se emplearon las métricas derivadas de la matriz de confusión. Aunque en el estudio se analizaron 21 características, para facilitar la interpretación de las fronteras de decisión de los

modelos se redujeron a las dos principales componentes obtenidas mediante el Análisis de Componentes Principales (PCA). Por último, se compararon las predicciones de cada modelo de *Machine learning* con la percepción de fatiga reportada (medida mediante la escala de Borg) y con el nivel de actividad física de los participantes.

RESULTADOS

Características fisiológicas y biomecánicas

La [Tabla 2] resume las principales variables fisiológicas y biomecánicas (en total 21 características) registradas antes y después del ejercicio, agrupadas por nivel de actividad física. Más allá de esta clasificación, se identificaron patrones consistentes en las respuestas fisiológicas que concuerdan con lo reportado en la literatura; tras el ejercicio, la presión arterial aumentó en todos los grupos, mientras que la saturación de oxígeno se mantuvo estable, reflejando una respuesta fisiológica esperada. La temperatura cutánea mostró una ligera elevación, excepto en el grupo de actividad intensa, donde disminuyó. En los registros electromiográficos, la frecuencia mediana disminuyó a lo largo del tiempo y el valor RMS se incrementó.

Tabla 2. Datos estadísticos de los participantes (media $\pm \sigma$) agrupados por nivel de actividad física.

Características fisiológicas y biomecánicas	Intenso (n = 4)	Moderado (n = 3)	Ligero (n = 10)	Sedentario (n = 5)
Estatura [m]	1.75 $\pm$ 0.03	1.70 $\pm$ 0.02	1.68 $\pm$ 0.08	1.61 $\pm$ 0.03
Peso [kg]	81.25 $\pm$ 13.45	82.33 $\pm$ 2.51	66.70 $\pm$ 11.82	65.60 $\pm$ 19.50
IMC	26.45 $\pm$ 3.54	28.29 $\pm$ 1.61	23.42 $\pm$ 3.89	25.02 $\pm$ 6.97
Superficie corporal [m ²]	1.96 $\pm$ 0.16	1.94 $\pm$ 0.01	1.75 $\pm$ 0.16	1.68 $\pm$ 0.22
Duración del ejercicio [s]	51.75 $\pm$ 5.67	58.66 $\pm$ 7.02	47.70 $\pm$ 5.27	51.80 $\pm$ 8.01
Presión sistólica [mmHg] (Pre / Post)	137.25 $\pm$ 10.40 152.00 $\pm$ 16.81	137.33 $\pm$ 9.71 140.33 $\pm$ 24.11	143.20 $\pm$ 19.01 139.90 $\pm$ 22.03	126.20 $\pm$ 8.52 131.40 $\pm$ 21.24
Presión diastólica [mmHg] (Pre / Post)	87.00 $\pm$ 3.36 89.50 $\pm$ 4.65	81.33 $\pm$ 2.51 81.66 $\pm$ 4.61	89.40 $\pm$ 15.94 83.50 $\pm$ 10.97	84.00 $\pm$ 2.34 82.40 $\pm$ 7.70
SPO ₂ [%] (Pre / Post)	96.75 $\pm$ 1.50 96.50 $\pm$ 1.29	96.66 $\pm$ 1.15 97.33 $\pm$ 1.15	96.70 $\pm$ 1.56 95.10 $\pm$ 3.78	94.40 $\pm$ 5.36 96.00 $\pm$ 1.87
BPM (Pre / Post)	95.75 $\pm$ 14.63 101.00 $\pm$ 9.83	70.00 $\pm$ 5.29 80.00 $\pm$ 3.60	86.50 $\pm$ 14.72 84.80 $\pm$ 10.64	86.40 $\pm$ 18.42 90.40 $\pm$ 14.90
Temperatura [°C] (Pre / Post)	30.87 $\pm$ 2.52 30.40 $\pm$ 1.20	29.2 $\pm$ 0.17 30.00 $\pm$ 0.45	29.68 $\pm$ 1.79 30.34 $\pm$ 1.20	30.10 $\pm$ 1.53 30.74 $\pm$ 1.30
sEMGRMS [mV]	519.18 $\pm$ 5.75	547.75 $\pm$ 7.24	512.92 $\pm$ 10.49	531.11 $\pm$ 19.20

sEMG _{MED} [Hz]	102.53 ± 0.11	101.75 ± 0.25	102.55 ± 0.38	102.40 ± 0.17
σ : Desviación estándar; sEMG: Electromiografía de Superficie; sEMG _{MED} : Frecuencia mediana del espectro de potencia de la señal; sEMG _{RMS} : Raíz cuadrada media; Pre/Post: Antes y después de la rutina de ejercicio; n: Número de participantes.				

Evaluación electromiográfica

La [Figura 3] muestra el análisis completo de la sEMG registrada durante la rutina de ejercicio del participante No. 13, clasificado previamente con un nivel de actividad física. Este sujeto fue seleccionado por la clara tendencia que muestra la amplitud de la actividad eléctrica en función del esfuerzo (a medida que aumenta el esfuerzo se incrementa la amplitud), lo que permitió una distinción clara entre las fases de reposo y contracción. En la [Figura 3(a)] se observa la señal sEMG original, donde la amplitud aumenta progresivamente en función del tiempo, indicando el aumento progresivo de la fatiga muscular. A partir del segundo 33 se registra un aumento en la amplitud de la señal, correspondiente al momento en que se solicitó al participante realizar las contracciones máximas. También, se identificaron artefactos de baja frecuencia, los cuales fueron atenuados mediante un filtro [Figura 3(b)]. Las [Figuras 3(c) y 3(d)] muestran la tendencia de la frecuencia mediana (sEMG_{MED}) y del valor cuadrático medio (sEMG_{RMS}).

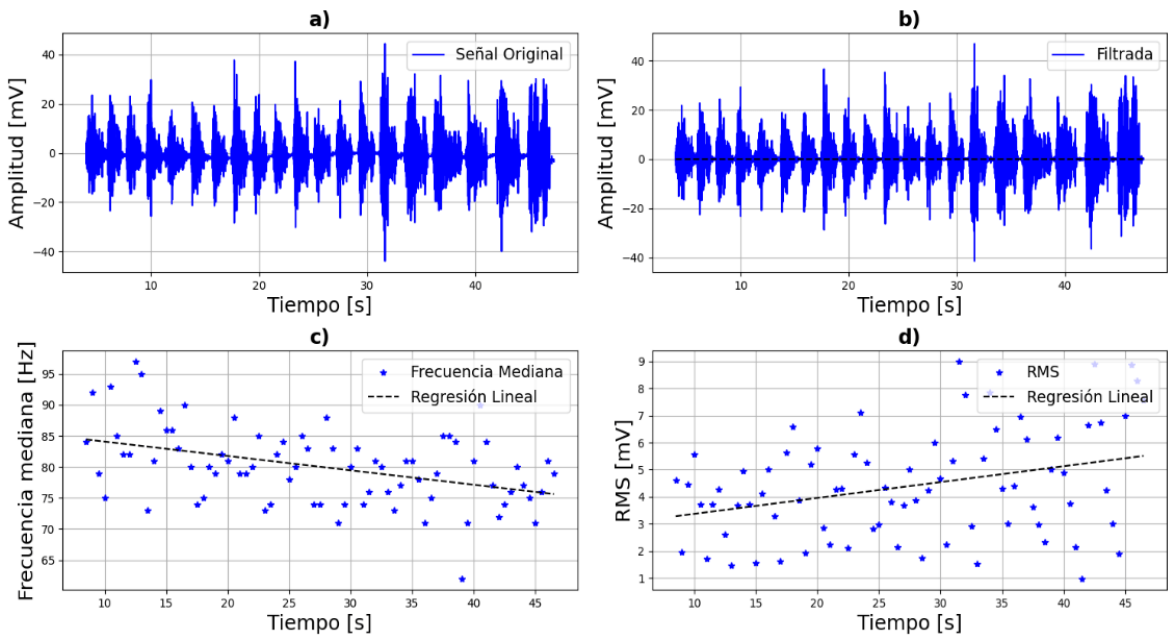


Figura 3. sEMG del participante No. 13: (a) la señal original, (b) señal filtrada (c) Frecuencia mediana, y (d) Valor RMS en estos últimos la línea punteada corresponde al ajuste lineal.

Correlación de temperatura

La [Figura 4] presenta imágenes térmicas de dos participantes antes y después del ejercicio; participante No. 13, ver ([Figura 4a y 4b]), clasificado con nivel de actividad física ligera, y el participante No. 19 ([Figura 4c y 4d]), clasificado con nivel actividad física intenso. En el primer caso, se evidenció un incremento de aproximadamente 0.3 °C en la región del gastrocnemio tras el esfuerzo, lo cual es consistente con una respuesta térmica adaptativa vinculada al aumento del flujo sanguíneo periférico y al metabolismo muscular activo. Por el contrario, en el participante con actividad física intensa se observó una ligera disminución térmica (~0.1 °C), fenómeno que se repitió

sistemáticamente en todos los individuos de este grupo. Esta respuesta podría estar asociada con mecanismos fisiológicos de adaptación al entrenamiento, tales como una disipación de calor más eficiente y una mejor regulación del flujo sanguíneo cutáneo.

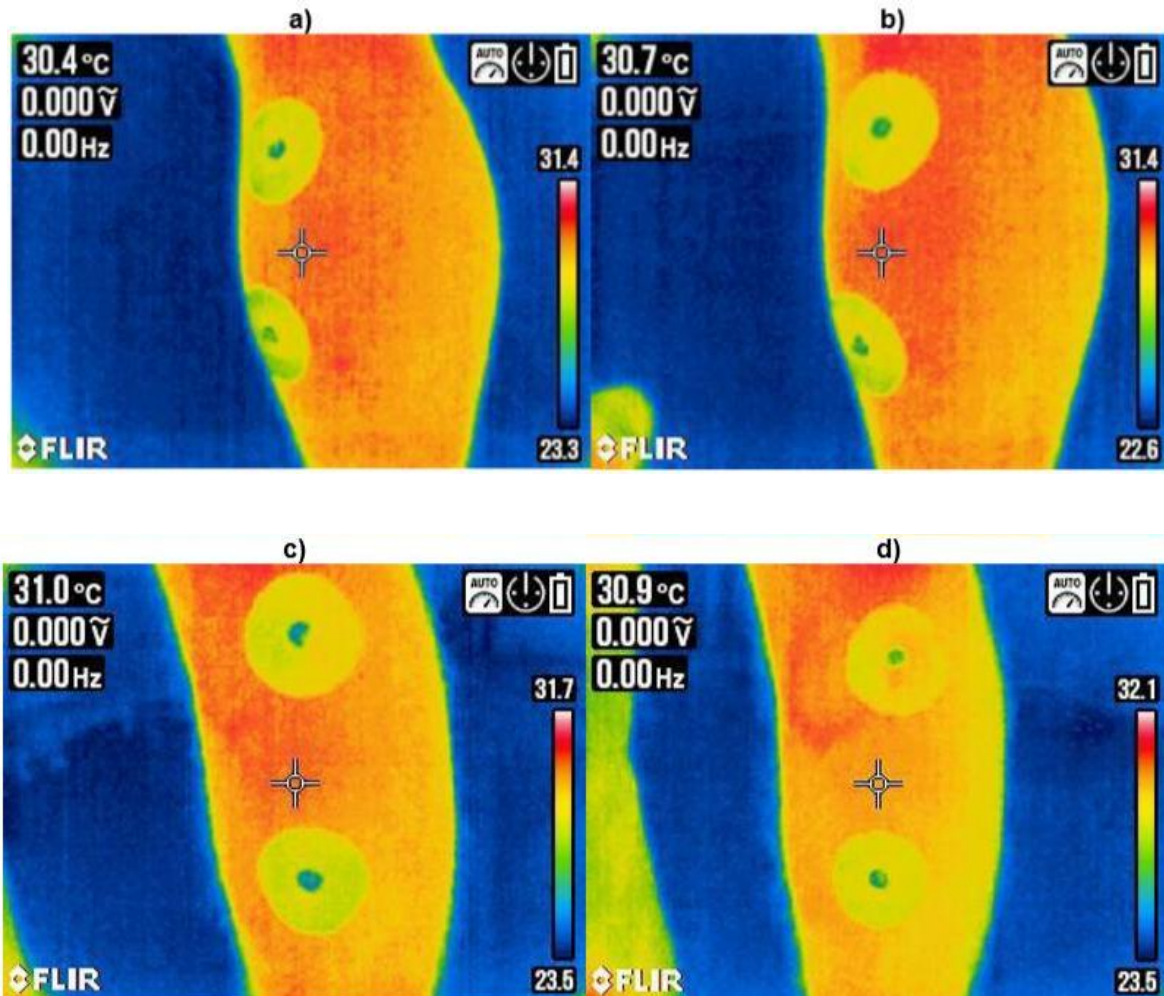


Figura 4. Imágenes térmicas antes y después del ejercicio en participante con actividad física ligera (a-b) e intensa (c-d).

PREDICCIÓN DE LA FATIGA MUSCULAR MEDIANTE MODELOS DE MACHINE LEARNING

Para entrenar los modelos de *Machine learning*, se utilizó la información analizada previamente en los datos estadísticos, electromiográficos y de temperatura de cada uno de los 22 participantes.

En la [Figura 5] se muestran las fronteras de decisión de los modelos aplicados. En el caso de los modelos *Árbol de decisión* y *Random forest*, notamos una separación muy clara entre los diferentes niveles de actividad física. Además, sus respectivas matrices de confusión reflejan un alto desempeño: clasificaron correctamente todos los casos, como se resume en la [Tabla 3]. Esto demuestra que las características fisiológicas y biomecánicas que se usaron para entrenarlos son óptimas. Entre las variables más importantes, se destaca la $sEMG_{MED}$, ésta y otras variables descritas en el diagrama de barras de la [Figura 6].

En contraste, el modelo *K-means* al no disponer de etiquetas que identifiquen el grupo de cada individuo, su agrupación fue menos precisa, como se observa en la [Figura 6]. Por ejemplo, *K-means* agrupó principalmente según el BPM pre-ejercicio y IMC, no precisamente variables asociadas a la

fatiga muscular. Por ello, los grupos identificados no coinciden adecuadamente con los niveles reales de actividad física. Además, su matriz de confusión requiere una reasignación manual para compararse con las categorías reales, reflejándose esto en un bajo valor del índice de similitud ajustado ($ARI = -0.04$), que indica una agrupación cercana al azar.

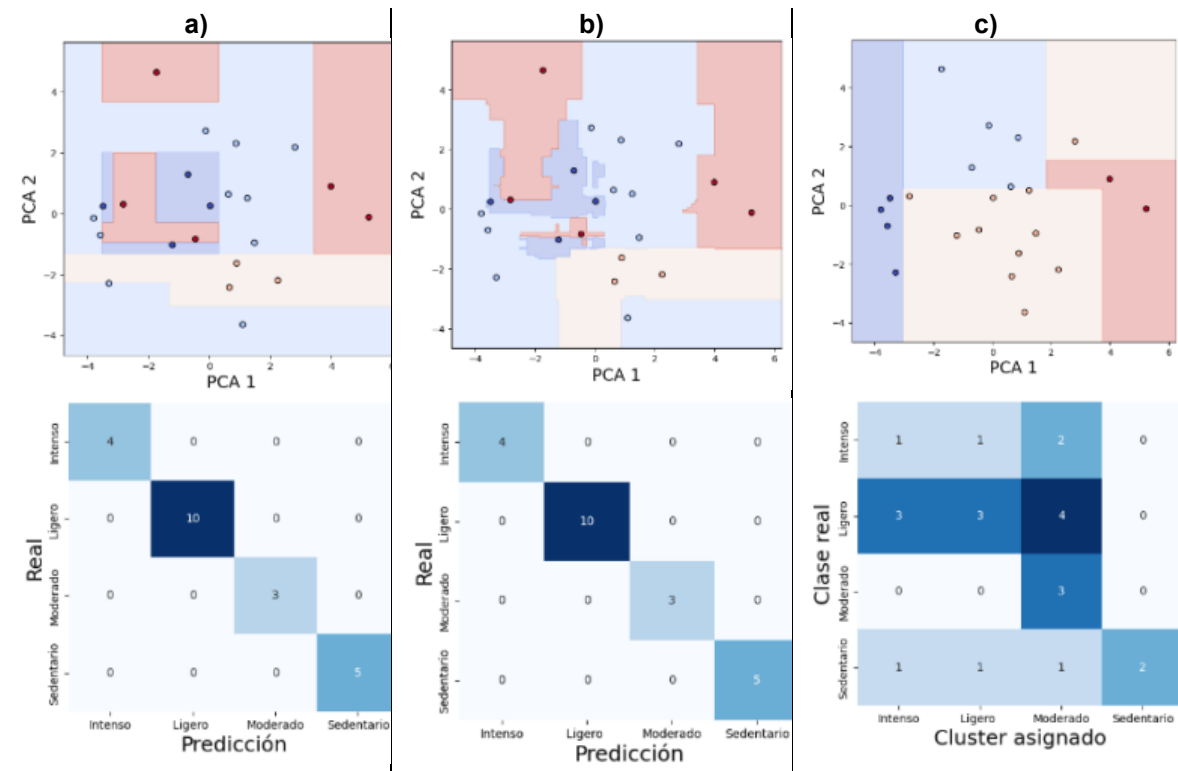


Figura 5. Frontera de decisión y Matriz de confusión de cada modelo: (a) Árbol de decisión; (b) Random forest; (c) K-means.

Tabla 3. Validación de la matriz de confusión para cada modelo.

Modelo	Precisión	Recall	F1 Score	Exactitud Total	ARI
Árbol de decisión	1.00	1.00	1.00	1.00	Na
Random forest	1.00	1.00	1.00	1.00	Na
K-Means	0.58	0.40	0.41	0.40	- 0.04

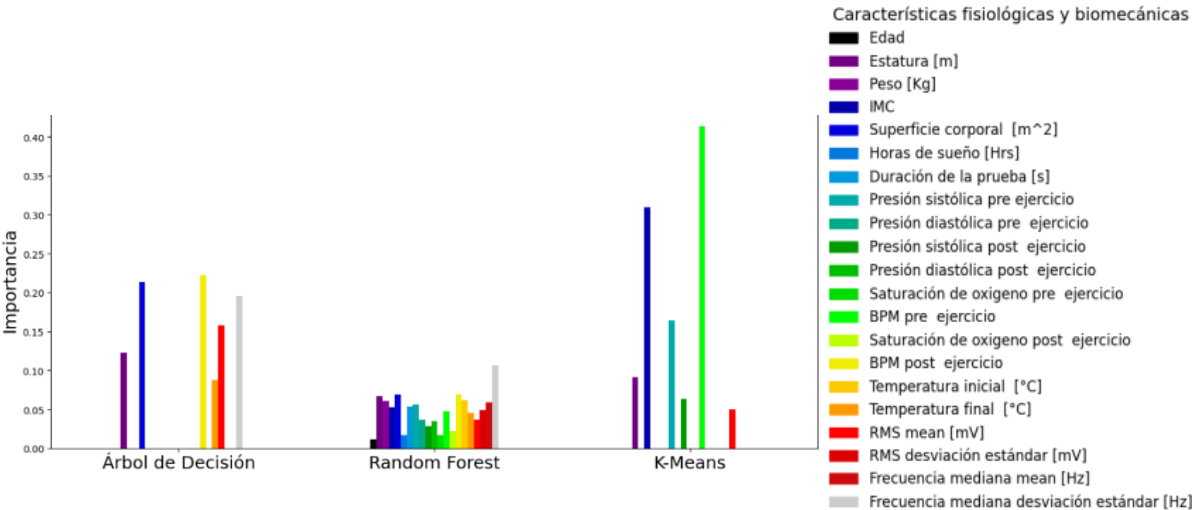


Figura 6. Importancia de clasificadores para los modelos de Machine learning.

De acuerdo con las clasificaciones obtenidas de cada modelo, se comparó la predicción de estos con la percepción de fatiga de acuerdo a la Escala de Borg. Para ello, se calculó el promedio real del nivel de esfuerzo percibido por cada grupo de actividad física (Intenso, Moderado, Ligero y Sedentario). Estos valores se presentan en la [Tabla 4 y Figura 7], donde se observa que los sujetos clasificados como Sedentarios y Ligeros reportaron mayores niveles de esfuerzo (7 y 9, respectivamente), en contraste con los grupos Moderado e Intenso, cuyos valores fueron significativamente más bajos (6.25 y 6.66, respectivamente), lo cual sugiere una percepción de menor fatiga o que la rutina no fue suficientemente larga para inducir el mismo nivel de fatiga en estos participantes.

Tabla 4. Promedio del nivel de esfuerzo percibido por clase, de acuerdo con la Escala de Borg.

Nivel de actividad física	Promedio
Intenso	6.25
Moderado	6.66
Ligero	7.00
Sedentario	9.00

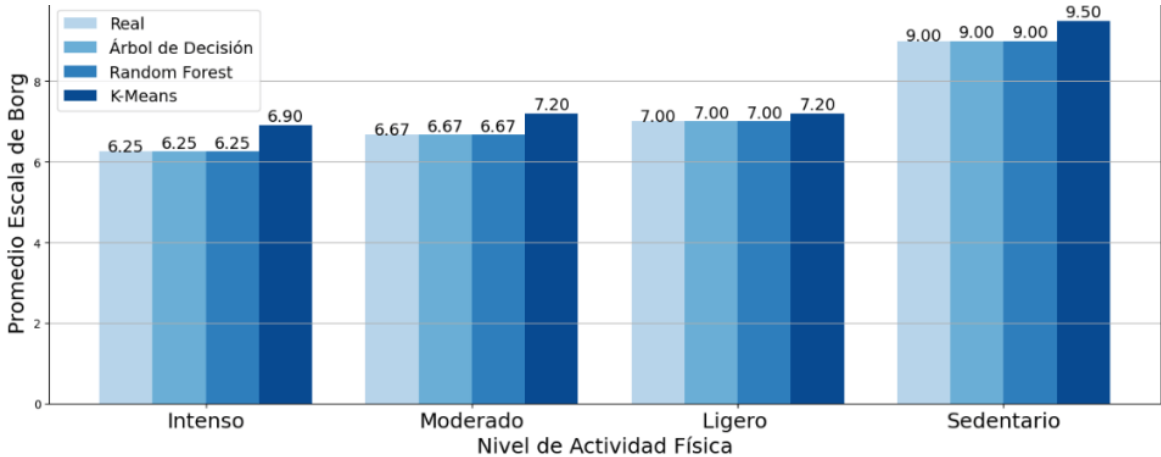


Figura 7. Comparación entre niveles de actividad física reales y predichos por cada modelo, y su relación con la fatiga percibida.

CONCLUSIONES

A pesar de contar con una amplia gama de parámetros fisiológicos y biomecánicos registrados antes y después del ejercicio, la alta cantidad de variables y la variabilidad individual entre participantes dificultan la identificación de patrones evidentes mediante observación directa. Aunque se observaron tendencias esperadas (como el aumento de la presión arterial tras la actividad física o la estabilidad de la saturación de oxígeno), otras variables, como la temperatura cutánea y los indicadores electromiográficos, mostraron comportamientos más heterogéneos entre los distintos grupos. Esta complejidad pone en evidencia las limitaciones de los análisis tradicionales para establecer relaciones directas entre las variables.

En este contexto, los modelos de aprendizaje automático surgen como herramientas valiosas para identificar patrones sutiles y multivariados que podrían pasar desapercibidos. Su aplicación permite una caracterización más precisa del estado de fatiga y del nivel de esfuerzo físico a partir de múltiples señales fisiológicas.

La combinación de parámetros fisiológicos y biomecánicos objetivos, junto con medidas subjetivas como la percepción del esfuerzo, demostró ser clave en la clasificación automática del nivel de actividad física. Entre estos, las señales electromiográficas (sEMG) destacan como variables altamente discriminativas. En conjunto, los datos reflejan respuestas fisiológicas consistentes con la actividad física, como el aumento de la presión arterial y de la temperatura local tras el ejercicio, mientras que la saturación de oxígeno permaneció relativamente estable. Estos hallazgos respaldan la validez de las mediciones empleadas y su utilidad para una evaluación objetiva y cuantificable del esfuerzo físico.

Los modelos de aprendizaje automático aplicados confirmaron la eficiencia del enfoque multimodal propuesto, basado en medidas térmicas, electromiográficas y fisiológicas, para discriminar entre diferentes niveles de actividad física y fatiga muscular. A pesar del tamaño reducido del conjunto de datos, los modelos supervisados (en particular el algoritmo *Random forest*) lograron una alta precisión, validando tanto la selección de características como el potencial del sistema. Estos resultados sugieren una alta aplicabilidad de esta metodología en contextos deportivos o clínicos que requieran un monitoreo preciso, no invasivo y en tiempo real del rendimiento físico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability – Part I: factors contributing to fatigue. *Sports Medicine*, 41(8), 673–694.
2. Hussain, F. (2010). Common sporting injuries of lower limbs and its management. *British Journal of Sports Medicine*, 44(Suppl 1), i1–i82.
3. Werner, B. C., Belkin, N. S., Kennelly, S., Weiss, L., Barnes, R. P., Potter, H. G., Warren, R. F., & Rodeo, S. A. (2017). Acute gastrocnemius-soleus complex injuries in National Football League athletes. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 5(1), 2325967116680344.
4. Gallo, R. A., Plakke, M., & Silvis, M. L. (2012). Common leg injuries of long-distance runners: anatomical and biomechanical approach. *Sports Health*, 4(6), 485–495.
5. Hultman, K., Szukics, P. F., Grzenda, A., Curriero, F. C., & Cohen, S. B. (2020). Gastrocnemius injuries in professional baseball players: an epidemiological study. *American Journal of Sports Medicine*, 48(10), 2489–2498.
6. Herman, R., & Bragin, S. J. (1967). Function of the gastrocnemius and soleus muscles: a preliminary study in the normal human subject. *Physical Therapy*, 47(1), 105–113.
7. Kosco, J. M., McElheny, K., Carr, J. B., & Hippensteel, K. J. (2022). Lower extremity muscle injuries in the overhead athlete. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 15(6), 500–512.

8. Williams, N. (2017). The Borg rating of perceived exertion (RPE) scale. *Occupational Medicine (London)*, 67(5), 404–405.
9. Cifrek, M., Medved, V., Tonković, S., & Ostojić, S. (2009). Surface EMG based muscle fatigue evaluation in biomechanics. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 24(4), 327–340.
10. Hillen, B., Pfirrmann, D., Nägele, M., & Simon, P. (2020). Infrared thermography in exercise physiology: the dawning of exercise radiomics. *Sports Medicine*, 50(2), 263–282.
11. Farina, D., Merletti, R., Indino, B., Nazzaro, M., & Pozzo, M. (2002). Surface EMG crosstalk between knee extensor muscles: experimental and model results. *Muscle & Nerve*, 26(5), 681–695.
12. Stulen, F. B., & De Luca, C. J. (1978). The relation between the myoelectric signal and physiological properties of constant-force isometric contractions. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 45(6), 681–698.
13. Minning, S., Eliot, C. A., Uhl, T. L., Malone, T. R., & Cabrera, M. E. (2007). EMG analysis of shoulder muscle fatigue during resisted isometric shoulder elevation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 17(2), 153–159.
14. Mohri, M., Rostamizadeh, A., & Talwalkar, A. (2012). *Foundations of machine learning*. MIT Press.
15. Bishop, C. M. (1995). *Neural networks for pattern recognition*. Oxford University Press.
16. Bellini, T. (2019). *IFRS 9 and CECL credit risk modelling and validation: A practical guide with examples worked in R and SAS*. Academic Press.
17. Liu, S., McGree, J., Ge, Z., & Xie, Y. (2015). *Computational and statistical methods for analysing big data with applications*. Academic Press.
18. Gedeck, P., Kramer, C., & Ertl, P. (2010). Computational analysis of structure–activity relationships. *Progress in Medicinal Chemistry*, 49, 113–160.
19. Xia, Y. (2020). Correlation and association analyses in microbiome study integrating multiomics in health and disease. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 171, 309–491.
20. Nisbet, R., Elder, J., & Miner, G. D. (2009). *Handbook of statistical analysis and data mining applications*. Academic Press.
21. Ikotun, A. M., Rahman, A., Abdulazeez, A. M., & Zangina, U. (2023). K-means clustering algorithms: A comprehensive review, variants analysis, and advances in the era of big data. *Information Sciences*, 622, 178–210.
22. Varquaux, G., & Colliot, O. (2023). Evaluating machine learning models and their diagnostic value. In O. Colliot (Ed.), *Machine learning for brain disorders* (Vol. 197, pp. 389–407). Humana.
23. Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(5), 361–374.

SÍNDROME DE BURNOUT EN EL PERSONAL DEL ÁREA QUIRÚRGICA

Gabriela Valle, Patricia Cabrera Arias, María Fernanda Ortega Morfín, Sughey González-Torres, Samantha Gutiérrez-Reyes, Claudia Jackelin de la Cruz Ahumada.

Centro Universitario de los Altos, Universidad de Guadalajara.
gabriela.valle@academicos.udg.mx

RESUMEN

El Síndrome de Burnout representa una problemática creciente en el ámbito hospitalario, especialmente en el área quirúrgica, donde la sobrecarga laboral, los turnos prolongados y el estrés emocional constante impactan negativamente en la salud personal y la calidad del cuidado. Este trastorno psicoemocional, caracterizado por agotamiento emocional, despersonalización y la baja realización personal, ha sido reconocido por la Organización Mundial de la Salud como una condición laboral relevante. El presente estudio tuvo como objetivo determinar la prevalencia del Síndrome de Burnout en el personal de salud del área quirúrgica de un Hospital de segundo nivel en Tepatitlán. Se realizó un estudio cuantitativo, descriptivo, observacional y transversal, en el que participaron 35 profesionales mediante la aplicación de un cuestionario sociodemográfico y el Maslach Burnout Inventory – Human Services Survey (MBI-HSS). Se observó que el 34.3% del personal presentó un nivel alto de Burnout, estableciendo así su prevalencia en este entorno clínico; el 57.1% se ubicó en un nivel moderado y solo el 8.6% en un nivel bajo. En cuanto a los síntomas reportados, el 40% refirió haber experimentado agotamiento emocional al menos una vez al año, el 25% despersonalización con frecuencia mensual y el 10% baja realización personal. Estos hallazgos reflejan un desgaste emocional significativo en el personal quirúrgico y subrayan la necesidad de implementar estrategias institucionales para la prevención del síndrome y la promoción del bienestar psicoemocional, con el fin de garantizar entornos laborales saludables y una atención de calidad.

INTRODUCCIÓN

En el contexto de la salud, y en particular en el área quirúrgica, el Síndrome de Burnout se presenta como un problema crítico debido a las condiciones laborales de alta demanda y estrés crónico. Este síndrome, definido como una respuesta inadecuada al estrés prolongado, se manifiesta a través del agotamiento emocional, la despersonalización y la disminución en la realización personal. Diversos estudios han señalado que estos síntomas afectan la calidad de vida del personal de salud y la atención que brindan a los pacientes [1, 2].

El Hospital de segundo nivel en Tepatitlán, como organismo de salud, enfrenta importantes desafíos relacionados con la administración de sus recursos humanos y la optimización de sus procesos asistenciales. La necesidad de un manejo adecuado del burnout se torna imperativa para garantizar la continuidad y calidad de los servicios.

La justificación de este estudio radica en la necesidad urgente de identificar los factores asociados al desgaste profesional del personal del área quirúrgica. Al tratarse de un entorno de alta demanda emocional y física, evaluar la prevalencia y características del síndrome de Burnout permitirá establecer líneas de intervención oportunas, tanto a nivel individual como institucional, para proteger la salud del personal y garantizar una atención segura al paciente.

El propósito principal fue identificar la prevalencia del burnout en el personal de salud del área quirúrgica. Con la finalidad de ofrecer recomendaciones basadas en los hallazgos para mejorar las condiciones laborales y la salud ocupacional en el entorno quirúrgico. La importancia de este estudio

radica en su potencial para guiar intervenciones que mitiguen los efectos negativos del estrés laboral, contribuyendo a un entorno de trabajo más saludable y a una atención de mayor calidad.

TEORÍA

Síndrome de Burnout

El síndrome de Burnout fue descrito por primera vez por Freudenberg en 1974 y desarrollado posteriormente por Maslach y Jackson, quienes lo conceptualizaron como una respuesta al estrés laboral crónico en profesiones de ayuda. Se caracteriza por tres dimensiones principales: agotamiento emocional, despersonalización y falta de la realización personal. En el personal de salud, estas manifestaciones se traducen en fatiga constante, actitud cínica hacia los pacientes y sensación de ineficiencia laboral [3].

El síndrome de Burnout se define como una respuesta inadecuada al estrés laboral crónico, que se manifiesta en tres dimensiones principales: agotamiento emocional, despersonalización y baja realización personal. Esta conceptualización ha sido ampliamente desarrollada por Christina Maslach, quien lo describe como una forma desadaptativa de afrontar el estrés sostenido en el entorno laboral, donde el trabajador experimenta fatiga emocional, actitudes cínicas hacia los pacientes y una percepción de baja eficacia profesional. De manera similar, Gil-Monte lo conceptualiza como “una respuesta al estrés laboral crónico integrada por actitudes y sentimientos negativos hacia las personas con las que se trabaja y hacia el propio rol profesional, así como por la vivencia de encontrarse agotado” [4]. Ambas definiciones coinciden en señalar que el Burnout surge como una consecuencia directa de una sobreexposición prolongada a factores estresantes del entorno laboral.

El síndrome de Burnout ha mostrado una especial prevalencia en áreas de alta demanda como la quirúrgica, donde los profesionales enfrentan turnos prolongados, toma constante de decisiones críticas y exposición continua a situaciones de alto estrés. Estas condiciones aumentan el riesgo de desarrollar agotamiento emocional y despersonalización, afectando no solo la salud del personal, sino también la calidad del cuidado que se brinda a los pacientes. Un estudio realizado por Ponciano-Rodríguez, y colaboradores en el año 2021, en personal quirúrgico de un hospital público en México encontró que el 68.4% de los encuestados presentaban niveles moderados a altos de Burnout, siendo el agotamiento emocional la dimensión más afectada [5]. Asimismo, el equipo de Hernández-Sánchez en su investigación del 2019 reportaron que la prevalencia de Burnout en enfermería perioperatoria puede alcanzar hasta el 70%, destacando la presión constante y la escasez de recursos como factores determinantes [3]. Estos hallazgos evidencian la necesidad de intervenciones específicas en el ámbito quirúrgico para prevenir y atender este síndrome de forma oportuna.

Niveles y síntomas del Síndrome de Burnout

Los primeros síntomas del síndrome del burnout pueden caracterizarse por una falta de ilusión o motivación por el trabajo, cansancio y agotamiento tanto físico como mental. Una de las condiciones de este cansancio es que no mejora con el descanso, se empieza a notar bajo rendimiento laboral, ausentismo, la sensación de frustración es excepcionalmente especial en este cuadro. También síntomas físicos que pueden abarcar desde encontrar alteraciones gastrointestinales, taquicardia, hipertensión arterial, cefalea y también insomnio [6].

Los niveles clínicos del síndrome de burnout pueden clasificarse en cuatro grados progresivos según la intensidad de los síntomas. En el nivel leve, se presentan quejas vagas, cansancio generalizado

y dificultad para iniciar las actividades del día. El nivel moderado se manifiesta con actitudes de cinismo, aislamiento social, suspicacia y negativismo hacia las responsabilidades laborales. En el nivel grave, los síntomas se intensifican con entecimiento físico y mental, automedicación con psicofármacos, ausentismo, aversión al entorno laboral y posible abuso de sustancias como el alcohol. Finalmente, en el nivel extremo, el individuo puede desarrollar aislamiento severo, colapso emocional, cuadros psiquiátricos y, en casos críticos, conductas suicidas [1].

Antecedentes y Factores Asociados

El síndrome de Burnout, también denominado “síndrome del trabajador quemado”, es una condición psicoemocional que resulta de una exposición prolongada al estrés laboral crónico y mal gestionado. Aunque el término se popularizó tras la novela *A Burnt-Out Case* de Graham Greene (1960), fue Herbert Freudenberger quien en 1974 lo introdujo formalmente al ámbito de la salud mental, al observar cómo profesionales de ayuda perdían gradualmente su energía, motivación y calidad en el trato interpersonal, desarrollando síntomas de agotamiento, ansiedad y despersonalización [12]. Posteriormente, Christina Maslach y Susan Jackson en 1981 lo conceptualizaron como un síndrome tridimensional caracterizado por agotamiento emocional, despersonalización (trato cínico o distante hacia los receptores del servicio) y baja realización personal (sentimientos de ineffectividad y frustración) [7]. Estas dimensiones afectan de forma progresiva el desempeño laboral y bienestar del personal, especialmente en contextos clínicos con altas demandas.

Los factores asociados al Burnout han sido ampliamente documentados en la literatura internacional. Entre los más frecuentes se encuentran la sobrecarga de trabajo, jornadas prolongadas, rotación de turnos, presión por resultados, escasez de recursos, conflictos interpersonales, ausencia de apoyo institucional y la falta de reconocimiento laboral [5, 8]. Cuando estas condiciones se sostienen en el tiempo sin estrategias efectivas de afrontamiento o sin medidas organizacionales para mitigarlas, el riesgo de desarrollar Burnout aumenta significativamente. Esta situación es especialmente crítica en el ámbito quirúrgico, donde las características del entorno tales como alta precisión, toma de decisiones urgentes, contacto con el sufrimiento humano y riesgo de eventos adversos, crean un entorno altamente estresante y emocionalmente demandante.

Diversos estudios han documentado una alta prevalencia de Burnout en el personal que labora en áreas quirúrgicas. Por ejemplo, Hernández-Sánchez, et. al. (2019) encontraron que hasta un 70% del personal de enfermería perioperatoria presentaba niveles moderados a altos de agotamiento emocional, lo que se traduce en una menor calidad de atención y mayor ausentismo laboral [3]. En un estudio mexicano, realizado en el año 2021, por el equipo liderado por Ponciano-Rodríguez, reportaron que el 68.4% del personal quirúrgico encuestado presentaba algún grado de Burnout, especialmente en médicos cirujanos y enfermeras instrumentistas [2]. Estos resultados coinciden con lo reportado por Campo en el 2019, quien destaca que el desbalance entre esfuerzo y recompensa, así como la falta de apoyo psicosocial, son factores recurrentes entre el personal quirúrgico afectado. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha reconocido formalmente al Burnout como un fenómeno ocupacional en la CIE-11, advirtiendo sobre sus implicaciones para la salud mental, la productividad y la seguridad del paciente [13].

Frente a esta problemática, resulta prioritario que las instituciones de salud identifiquen tempranamente las señales del síndrome de Burnout en su personal quirúrgico, promuevan estrategias preventivas y fomenten una cultura organizacional centrada en el bienestar laboral. Evaluar la prevalencia de esta condición, junto con los factores asociados en contextos específicos como los hospitales de segundo nivel, permitirá diseñar intervenciones contextualizadas que beneficien tanto al personal como a los usuarios del sistema de salud.

Perfil Epidemiológico

El síndrome de Burnout se ha estudiado prácticamente en todas las profesiones. El porcentaje de personas que presentan la sintomatología clásica depende del tipo de ocupación, las demandas laborales, y la percepción que tienen los trabajadores sobre su propia realización personal, entre otras variables influyentes. El personal de salud ha sido uno de los grupos más investigados, en especial los profesionales médicos y de enfermería, debido a su exposición constante a entornos de alta presión y exigencias emocionales [9].

El síndrome de Burnout es cada vez más frecuente y ha adquirido una gran importancia, y es considerado como un riesgo de trabajo laboral.

Prevalencia

En Estados Unidos, un estudio publicado en 2022 encontró que aproximadamente el 30% de los enfermeros quirúrgicos reportaban síntomas moderados a severos de burnout siendo el personal de enfermería quirúrgica, donde los factores más comunes fueron la sobrecarga laboral, la presión del entorno y la falta de reconocimiento institucional [14]. En Reino Unido, también se realizó un estudio en 2021, alrededor del 40% de los enfermeros quirúrgicos indicaron altos niveles de burnout, con un factor como la carga de trabajo y la falta de apoyo organizacional como principales contribuyentes [15]. En España se realizó un estudio en hospitales españoles en 2020 donde se demostró que cerca del 45% de los enfermeros quirúrgicos experimentaban burnout, siendo el agotamiento emocional y la despersonalización los componentes más afectados [16].

Estudios internacionales han reportado incidencias que varían entre el 15% y el 20% anual en entornos quirúrgicos, y prevalencias que oscilan entre el 30% y el 45%, dependiendo de las condiciones laborales y el contexto institucional [10, 11]. Estos datos subrayan la magnitud del problema y la urgencia de intervenciones efectivas.

PARTE EXPERIMENTAL

Metodología

El diseño de estudio fue cuantitativo, observacional, descriptivo y transversal, utilizando un muestreo aleatorio simple para identificar la prevalencia del Síndrome de Burnout en el personal del área quirúrgica de un Hospital de segundo nivel en Tepatlán. Respecto al muestreo fue no probabilístico, por conveniencia, donde la muestra ha incluido a 35 profesionales de la salud en el área quirúrgica, tales como enfermeras y médicos de diversas especialidades quirúrgicas.

Los datos se han recolectado mediante un cuestionario sociodemográfico de la muestra de estudio. Además, se ha utilizado el Inventario de Maslach Burnout Inventory consta de 22 ítems para analizar los signos y síntomas de este síndrome [7]. Estos cuestionarios se han administrado mediante una encuesta. Los sujetos evaluados cumplieron con los siguientes criterios:

- Personal de salud que laborara en el área quirúrgica, enfermeras y enfermeros auxiliares, generales, licenciados y especialistas, médicos adscritos.
- Personal activo de cualquier turno: matutino, vespertino, nocturno o jornada acumulada.
- Profesionales que aceptaron participar voluntariamente en el estudio y firmaron el consentimiento informado.
- Contar con al menos 6 meses de antigüedad laboral en el área quirúrgica al momento de la aplicación del instrumento.

Respecto al análisis de datos, los datos fueron ingresados en hojas de cálculo utilizando el programa Microsoft Excel, y posteriormente analizados mediante el software estadístico SPSS versión 25 [17]. Se realizaron análisis estadísticos descriptivos, los cuales incluyeron frecuencias absolutas y relativas para las variables cualitativas. Estos análisis permitieron caracterizar el perfil sociodemográfico y laboral de la muestra, así como describir los niveles de burnout en cada una de

sus dimensiones. Los resultados se organizaron y presentaron en tablas y gráficos de acuerdo con el tipo de variable y los objetivos del estudio.

RESULTADOS

De los 35 participantes, el 80% fueron mujeres y el 20% hombres, predominando quienes laboran jornadas mayores a diez horas y en turnos nocturnos. En cuanto a la prevalencia del síndrome de Burnout, se encontró que el 34.3% del personal quirúrgico evaluado presentó un nivel alto de Burnout, lo que representa un dato clínicamente relevante dentro de esta población. Además, el 57.1% mostró un nivel moderado y solo el 8.6% un nivel bajo (Gráfico #1). Estos resultados reflejan un desgaste emocional significativo que puede evolucionar hacia cuadros más severos si no se implementan estrategias preventivas. En las dimensiones específicas evaluadas, el 40% del personal reportó haber experimentado agotamiento emocional al menos una vez al año, el 25% manifestó despersonalización con frecuencia mensual y el 10% refirió una baja realización personal (Gráfico # 2). Aunque la mayoría mantiene una percepción media de eficacia profesional, los hallazgos evidencian un riesgo considerable de afectación emocional en el contexto laboral analizado, lo que justifica la necesidad de implementar intervenciones institucionales que favorezcan el bienestar y la salud mental del personal quirúrgico.

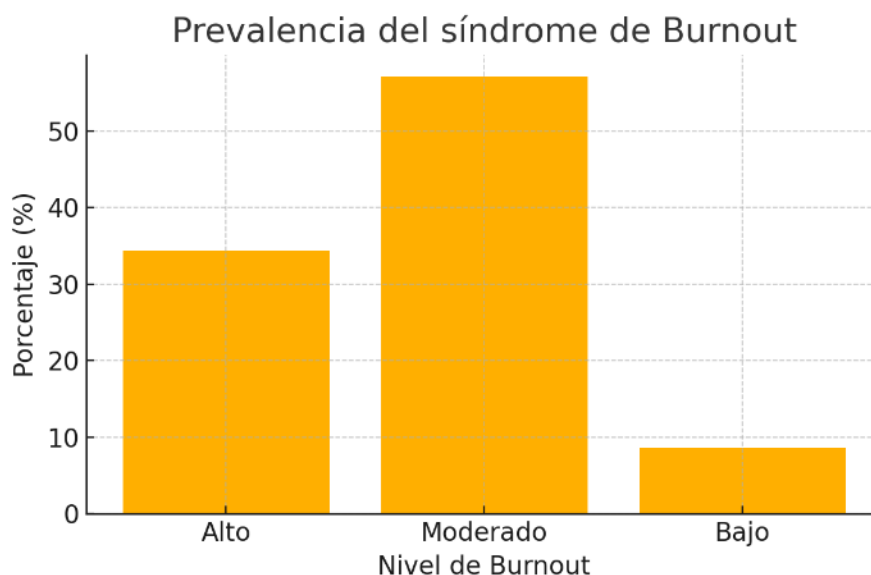


Gráfico # 1. Prevalencia de Síndrome de Burnout.

Este gráfico muestra la distribución de los niveles del síndrome de Burnout entre los 35 participantes del estudio. El 57.1% presentó un nivel moderado, el 34.3% un nivel alto y solo el 8.6% un nivel bajo. Esta distribución indica una alta prevalencia del síndrome en el personal del área quirúrgica.

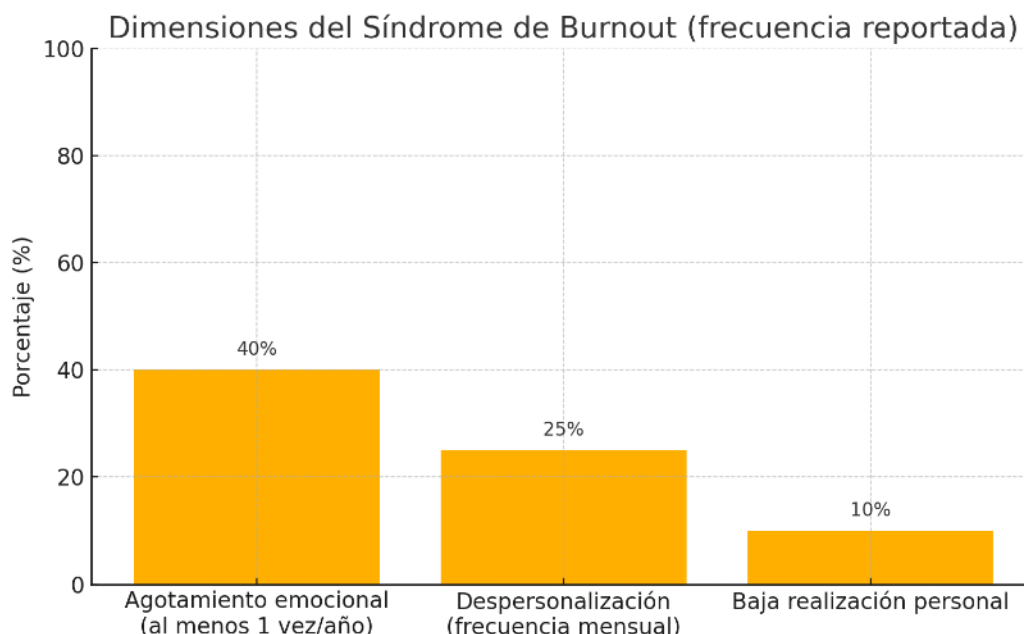


Gráfico # 2. Dimensiones del Síndrome de Burnout.

El 40% del personal quirúrgico refirió haber experimentado agotamiento emocional al menos una vez al año, el 25% manifestó despersonalización con frecuencia mensual y el 10% indicó una baja realización personal. Estos datos reflejan la presencia de signos parciales del síndrome y permiten identificar un riesgo potencial de desarrollo del Burnout, aún en ausencia de un diagnóstico clínico completo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian una situación preocupante en el ámbito quirúrgico del hospital evaluado: el 34.3% del personal presentó un nivel alto de síndrome de Burnout, lo que representa una prevalencia significativa en este contexto laboral. A esto se suma que el 57.1% mostró un nivel moderado, revelando un desgaste emocional latente que podría progresar si no se adoptan medidas institucionales. Estos datos se alinean con estudios previos como los de Ponciano-Rodríguez et al. (2021) y Hernández-Sánchez et al. (2019), quienes documentan niveles elevados de agotamiento emocional en personal quirúrgico, atribuidos a la sobrecarga laboral, la presión asistencial y la falta de apoyo organizacional. Si bien una proporción importante de los participantes mantiene una percepción media de realización profesional, lo que podría actuar como factor protector, el riesgo de afectación emocional sigue siendo alto. La exposición prolongada al estrés quirúrgico —por la exigencia técnica, las guardias extensas y la atención de pacientes críticos— incrementa la vulnerabilidad del personal de salud, afectando no solo su bienestar sino también la calidad del cuidado. Frente a este panorama, es indispensable que las instituciones implementen estrategias efectivas de prevención, tales como programas de apoyo psicoemocional, promoción de climas laborales positivos, y evaluación continua del estado emocional del personal. Este estudio contribuye con evidencia local al análisis del Burnout en entornos quirúrgicos, y refuerza la necesidad de priorizar la salud mental del personal como componente clave en la seguridad del paciente y en la sostenibilidad del sistema de salud. La identificación de estos niveles de afectación psicoemocional debe motivar acciones inmediatas y sostenidas por parte de los responsables de la gestión institucional y la salud ocupacional.

BIBLIOGRAFÍA

1. Morales, L. S. (2015). Síndrome de Burnout: Diagnóstico y prevención en el entorno laboral sanitario. *Revista Latinoamericana de Psicología del Trabajo*, 17(2), 88–95.
2. Ponciano-Rodríguez, G., Pérez-Castañeda, M. E., & Zepeda-González, J. A. (2021). Burnout en personal quirúrgico: una realidad poco atendida. *Revista Mexicana de Cirugía*, 9(3), 145–151.
3. Hernández-Sánchez, A., Ramírez-García, L., & Tovar-Muñoz, V. (2019). Prevalencia de Burnout en enfermería del área quirúrgica. *Enfermería Global*, 18(2), 325–334.
4. Gil-Monte, P. R. (2005). El síndrome de quemarse por el trabajo (burnout): una enfermedad laboral en la sociedad del bienestar. Madrid: Pirámide.
5. Faúndez, A. (2017). Agotamiento emocional en profesionales de la salud. *Revista Chilena de Salud Pública*, 21(1), 30–35.
6. Campo, J. (2019). Burnout en profesionales del área quirúrgica: una amenaza silenciosa. *Revista de Cirugía General*, 41(4), 231–237.
7. Maslach, C., & Jackson, S. E. (1981). The measurement of experienced burnout. *Journal of Occupational Behavior*, 2(2), 99–113.
8. Vidotti, V., Ribeiro, R. P., Galdino, M. J. Q., & Martins, J. T. (2018). Burnout syndrome and minor mental disorders in public health nurses. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 26, e3024.
9. Lovo, G. (2020). Síndrome de burnout en el personal de salud. *Revista Centroamericana de Salud*, 12(3), 45–50.
10. Montoya, C., Ramírez, L., & Silva, D. (2020). Síndrome de burnout en profesionales quirúrgicos: análisis de prevalencia y factores de riesgo. *Revista de Salud Ocupacional*, 26(3), 215–222.
11. Miranda-Lara, D. (2016). Burnout en el personal de enfermería del área quirúrgica: un enfoque preventivo. *Revista Latinoamericana de Enfermería*, 24(2), 130–138.
12. Freudenberg, H. J. (1974). Staff burn-out. *Journal of Social Issues*, 30(1), 159–165.
13. World Health Organization (WHO). (2019). Burn-out an occupational phenomenon: International Classification of Diseases 11th Revision (ICD-11). https://www.who.int/mental_health/evidence/burn-out/en/
14. Linzer, M., et al. (2024). Burnout among surgical nurses in the United States: prevalence and organizational factors. *Journal of Surgical Nursing*, 36(1), 22–30.
15. Society of Occupational Medicine. (2023). Burnout in surgical nursing staff: UK findings and policy implications. London: SOM Publications.
16. Molina-García, J., et al. (2024). Prevalencia del síndrome de burnout en enfermería quirúrgica en España. *Enfermería Clínica*, 34(1), 15–21.
17. IBM Corp. (2017). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.

YOGURT KÉFIR COMO TRATAMIENTO COADYUVANTE EN TRASTORNOS GASTROINTESTINALES DE MEXIQUENSES EN 2025

Dinora Valadez Díaz, María Maricela Carrasco Yépez, Abisay Villanueva Bailón, Paola Monserrat Cuevas Santoyo, José Fernando López Escobar, Carla Montes de Oca Mireles, Naomi Yamileth Ortiz Aguilar y Mario Edeer Aparicio Solís

Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.
dinkmaiden@gmail.com

RESUMEN

Las enfermedades gastrointestinales son aquellas que afectan al estómago e intestinos y su origen es diverso, desde las más complejas como las relacionadas con enfermedades crónico-degenerativas hasta las originadas por cambios en la flora intestinal, siendo estas últimas las más comunes en la población mexicana.

El uso del yogurt kéfir popularmente conocido como “leche de búlgaros” se ha extendido como una alternativa para el manejo de los síntomas comunes de problemas gastrointestinales, sin embargo, existen problemas sobre su preparación la que generalmente se hace sin calcular los ingredientes y el tiempo de fermentación, lo que modifica las propiedades y por otro lado la cantidad de la ingesta, que debe ser estandarizado, ya que el consumo excesivo puede generar aumento en los malestares lejos de disminuirlos.

Las investigaciones relacionadas con las propiedades y beneficios del Kéfir son escasos, por lo que el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto del Yogurt Kéfir como tratamiento coadyuvante en trastornos gastrointestinales.

Se realizó un estudio cuasi experimental, longitudinal, prospectivo y descriptivo, donde se incluyeron 34 personas del Estado de México que presentaban trastornos gastrointestinales, dentro de los criterios de inclusión es importante mencionar que los pacientes contaban con un diagnóstico médico y tratamiento, se diseñaron dos cédulas de recolección de datos, la primera de datos sociodemográficos y hábitos alimenticios, por otro lado la segunda fue sobre los 7 principales síntomas gastrointestinales, la cual se aplicó en tres ocasiones, la primera previo al consumo, la segunda en el día 15 y la tercera en el día 30.

Se estandarizó la preparación del Yogurt Kefir, con 500 gramos de búlgaros para un litro de leche entera y fermentación de 24 horas, el cual se le proporcionó a los participantes diariamente por un mes en dosis de 50 mililitros en ayunas.

Entre los principales resultados se encontró que de las personas que refirieron presentar síntomas de inflamación, reflujo, gastritis y estreñimiento, se redujeron en promedio un 50% en el día 15 y en un 90% en el día 30. Los síntomas como la cefalea, las náuseas y la diarrea son síntomas relacionados a los problemas gastrointestinales, los cuales no se presentan en todos los pacientes, sin embargo, también mostraron disminución significativa de un promedio de 90% en el día 30 y finalmente la gastritis la presentaron el 93% de los participantes, quienes en su totalidad en el día 30 reportaron la desaparición completa del síntoma.

Por lo que podemos concluir que la estandarización en la preparación y consumo del Yogurt Kéfir proporciona beneficios en la disminución de los síntomas de problemas gastrointestinales.

INTRODUCCIÓN

Todas las personas en algún momento de su vida han padecido algún malestar estomacal, ya sea inflamación, dolor abdominal, flatulencias, diarrea o estreñimiento, sin embargo, estos síntomas se han normalizado y las personas no les prestan atención, de hecho han decidido formarlos parte de su vida, lamentablemente muchas de estas alteraciones gastrointestinales son generadas por el ritmo de vida actual, pues la población en general tiene una vida sedentaria, una pobre alimentación basada en el consumo de carbohidratos, embutidos y alimentos procesados, el abuso del consumo de sustancias como el alcohol, han hecho parte de su día a día sentirse estresados y la automedicación.

Al ser síntomas tan comunes las personas prefieren realizar remedios caseros que ven por internet o incluso buscar sus síntomas para que un dispositivo electrónico les indique que tratamiento es el “adecuado” o incluso ya se auto diagnostican sin saber cuál es el verdadero problema de sus malestares y como se indicó, todo es derivado de los estilos de vida y cultura de autocuidado.

Afortunadamente desde hace muchos años se ha estado utilizando un producto lácteo que es derivado de la fermentación de un conjunto de bacterias y levaduras que conviven de manera simbiótica llamados búlgaros, los cuales se ha demostrado que han ayudado a mejorar la salud gastrointestinal de las personas que los consumen de forma constante. Se tiene la falsa creencia que son caros y no tienen beneficio alguno, sin embargo, es un producto que se viene ingiriendo en países orientales desde hace mucho tiempo. La manera en la que estas bacterias y levaduras trabajan es por medio de la fermentación, produciendo una especie de leche de consistencia espesa, olor agrio y coloración blanca amarillenta², en términos comunes tiene una apariencia muy similar al yogurt natural, por lo que mucha gente refiere que lo que se obtiene de ellos es yogurt Kéfir.

Al ser un yogurt derivado de la fermentación se cree que tiene beneficios a nivel gastrointestinal, teniendo la capacidad de repoblar el microbiota intestinal, otorgándole grandes beneficios para la salud¹, es por ello que el estudio se realizará en aquellas personas que presenten síntomas gastrointestinales, debido a las recurrentes crisis que se presentan en la población mexicana, las cuales, difícilmente tienen un tratamiento alópata prescrito o resulta difícil el apego a dicho tratamiento o son consumidores crónicos de fármacos que únicamente han generado un daño en la mucosa gástrica y a futuro causar un daño a nivel sistema por la forma en que los medicamentos son metabolizados y excretados.

Muchos padecimientos o síntomas gastrointestinales suelen incapacitar temporalmente a las personas o incluso llegando a incapacitar de forma frecuente e intermitente a la población, por lo que uno de los propósitos de la investigación es poder aportar una alternativa de tratamiento natural y de bajo costo de mantenimiento, accesible para la gran mayoría de las personas, fácil de manipular e incluso transmisible de persona a persona, favoreciendo así que se vuelva un hábito que las personas incluyan dentro de su cultura de alimentación y de autocuidado, ya que al no ser un fármaco es mayor la probabilidad de que sea aceptado en el estilo de vida de las personas, además de que las complicaciones que pudiera ocasionar son mínimas y solo suelen presentarse en para cierto grupo de población muy delimitado dando como consecuencia la disminución de la tasa de prevalencia de crisis de trastornos gastrointestinales así como sus complicaciones asociadas, fortaleciendo de la microbiota intestinal por medio del consumo del yogurt kéfir; incluyendo el ofrecer una oportunidad para complementar algún tratamiento que pueda resultar agresivo para el sistema gastrointestinal ayudando a mantener una vida más saludable y evitar consecuencias de los agresivos tratamiento o de acciones perjudiciales para la salud como la automedicación.

Otro de los beneficios que se le pueden atribuir al yogurt kéfir, específicamente en la población femenina es poder modular y mantener una correcta salud en el microbiota vaginal, evitando que las mujeres padezcan de infecciones vaginales recurrentes y se expongan al uso de medicamentos de manera constante.

Realmente el yogurt kéfir tiene muchos beneficios para la salud, pero en este caso es de vital importancia enfocarse en toda la población mexicana que padece de trastornos gastrointestinales, por lo que la investigación busca proporcionar a los profesionales de enfermería y a la población mexicana información basada en evidencia científica sobre el uso del yogurt kéfir para el manejo de trastornos gastrointestinales, permitiendo ofrecer mejores recomendaciones de tratamientos naturales que además de mejorar su salud, los costos son más accesibles, no ponen en peligro la salud por el uso de remedios caseros o de suplementos alimenticios que no tienen ningún aporte o beneficio, ni mucho menos evidencia que respalde su uso o incluso que dejen de consumir medicamento que no les es funcional y a largo plazo puede generar un daño grave, y de esta manera las personas encuentren otras alternativas adecuadas, auxiliando a una mejor comprensión de las opciones terapéuticas para el tratamiento y prevención de estos trastornos, brindando una atención de cuidado integral, oportuna y humanística.

TEORÍA

El aspecto físico de los granos de kéfir tiene una característica blanquecina amarillenta, son pequeños no mayores a 15 o 20 mm, tienen una forma irregular y son insolubles en agua.³

Se tomaron como referencia trastornos gastrointestinales en donde diversos estudios sugieren que el consumo de probióticos puede ayudar a restaurar el equilibrio entre bacterias beneficiosas y patógenas en el intestino. Un equilibrio adecuado del microbiota es crucial para la prevención de trastornos digestivos como el síndrome del intestino irritable, la diarrea y el estreñimiento. Los probióticos presentes en el kéfir pueden mejorar la digestión al facilitar la descomposición de ciertos nutrientes, promoviendo una mejor absorción de vitaminas y minerales esenciales. Además, se ha demostrado que el kéfir tiene propiedades antiinflamatorias, lo que puede contribuir a la protección de la mucosa intestinal. El consumo de kéfir también podría fortalecer el sistema inmunológico, ya que las bacterias probióticas pueden estimular la producción de células inmunitarias y mejorar la respuesta frente a patógenos.

PARTE EXPERIMENTAL

El diseño metodológico es cuasiexperimental, longitudinal, prospectivo y comparativo, la recolección de datos se aplicó a 34 personas que aceptaron participar, para lo cual se utilizó como técnica un cuestionario diario de sintomatología relacionada a los trastornos gastrointestinales que padece nuestra muestra durante 30 días.

Para la preparación del Yogurt Kéfir se estandarizó la preparación, con 500 gramos de búlgaros para un litro de leche entera y fermentación de 24 horas, el cual se le proporciono a los participantes diariamente por un mes en dosis de 50 mililitros en ayunas.

La hipótesis de la investigación se basa en el consumo diario de yogurt kéfir mejora la flora intestinal al promover el equilibrio del microbiota intestinal, favoreciendo el crecimiento de bacterias probióticas beneficiosas, lo que a su vez contribuye a la mejora de la digestión, la absorción de nutrientes y la regulación del sistema inmunológico, así como la disminución de la sintomatología de trastornos como el síndrome de colon irritable, gastritis o intolerancia a la lactosa.

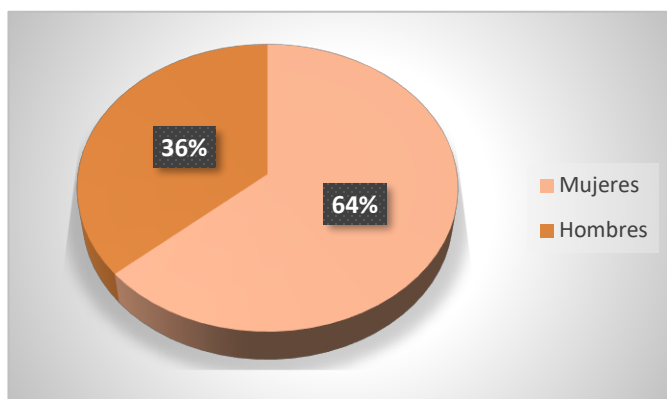
RESULTADOS

Se analizaron los 7 principales síntomas relacionados con problemas gastrointestinales, en donde se encontraron los siguientes resultados:

Caracterización de la población.

Figura 1.

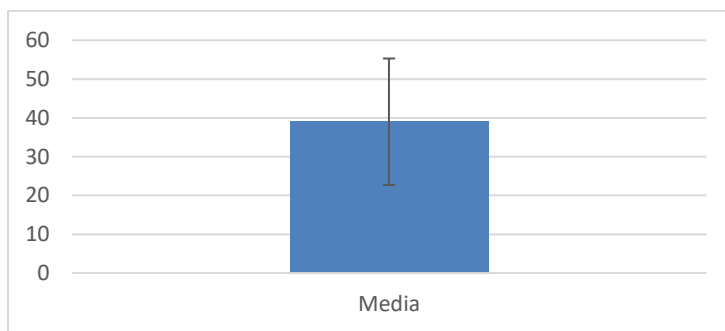
Sexo de los participantes



Como podemos observar en la figura 1, el 64% son mujeres y el 36% son hombres, es importante señalar que dado que la participación no es homogénea ya que la muestra fue no probabilística por conveniencia.

Figura 2

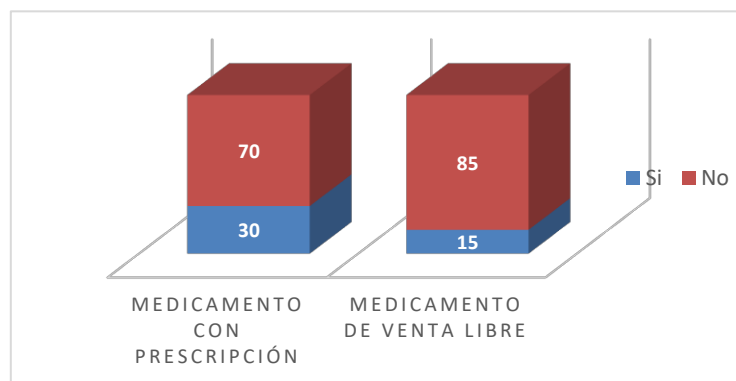
Media de edad



La media de edad de los participantes es de 39 ± 16.3 , con un mínimo de 18 y un máximo de 68.

Figura 3

Medicamentos



A todos los participantes se les solicito previo al consumo del Yogurt Kéfir, su comprobante del diagnostico medico y se les solicito que en ninguna circunstancia abandonaran su tratamiento médico.

Los sujetos reportaron los problemas gastrointestinales que presentaron previo al consumo estandarizado del Yogurt Kéfir, es importante señalar que no todos lo paciente presentan todos los síntomas, por lo que se dividieron la frecuencia de estos.

Tabla 1. Incidencia de síntomas gastrointestinales

Síntoma	Previo al consumo	Día 15	Día 30
<i>Inflamación</i>	18	6	1
<i>Náuseas</i>	9	2	1
<i>Reflujo</i>	17	1	2
<i>Gastritis</i>	11	2	0
<i>Cefalea</i>	4	1	0
<i>Estreñimiento</i>	5	4	1
<i>Diarrea</i>	6	2	2

Como se puede observar en el día 15 los síntomas disminuyeron significativamente y al día 30 la frecuencia fue casi inexistente.

CONCLUSIONES

Podemos concluir que el yogur Kefir como tratamiento complementario en una dosificación estandarizada proporcionó beneficios a la población que lo ingirió.

Es importante señalar que como personal de enfermería, las recomendaciones de tratamientos complementarios deben ser cuidadosamente estudiados, estandarizados en dosis seguras con la finalidad de evitar que dichos tratamientos en lugar de generar beneficios puedan generar perjuicios en la salud de los pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Salazar EJ, Sánchez JD. Características y beneficios del Kéfir como probiótico: Una revisión sistemática para el mejoramiento de la salud. Universidad Libre: p. 132-142.
2. Rodríguez JC, Noriega JA. Avances en el estudio de la bioactividad multifuncional del Kéfir. Interciencia: p. 347-354.
3. Ruiz MV, Villavicencio JA. Beneficios del kéfir para la salud. Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento. : p. 296-31

PERVIVENCIA DE CONDUCTAS DE AUTOCUIDADO PSICOLÓGICO EN ALUMNOS DE LA LICENCIATURA EN NUTRICIÓN DE LA FACULTAD DE MEDICINA UAEMEX. 2024

Imelda García Argueta¹, Isidro Roberto Camacho Beiza¹, Ocaña Servín Héctor Lorenzo¹ Martha Liliana Palacios Jaimes¹, Marcela Hernández Sánchez¹.

¹Universidad Autónoma del Estado de México

RESUMEN

Para la Organización mundial de la salud y la Comisión Nacional de salud mental y adicciones, el autocuidado es la capacidad de promover la salud, prevenir enfermedades y hacerles frente con o sin el apoyo de profesionales. Asegurar la pervivencia de conductas de autocuidado desde la formación de los estudiantes de ciencias de la salud podría contribuir en la forma en la que estos atenderán a sus pacientes y cómo afrontaran los desafíos profesionales cotidianos. El objetivo de fue Identificar las conductas de autocuidado psicológico que presentan los alumnos de la licenciatura en nutrición a fin de diseñar y orientar estrategias de apoyo a través de la tutoría académica. Fue un estudio de tipo observacional, prospectivo, transversal y descriptivo. Se evaluaron 213 alumnos mediante escala de conductas de autocuidado de Torres Soto y cols., (2021) con 23 ítems y respuestas tipo Likert con un alfa de 0.94. La participación fue voluntaria y anónima con consentimiento informado. Los resultados mostraron: 73% mujeres 27% hombres, 83% entre 18 y 22 años, el resto entre 23 y 24 años. En cuanto a conductas de autocuidado psicológico el 35% de los alumnos contesto que se preocupa mucho por lo que siente casi siempre y 23% siempre, 29% ocasionalmente, 12% casi nunca y 1% nunca. Significa que un porcentaje importante presta atención a lo que siente mientras el resto no lo hace. Esto puede influir en la autoestima que el propio alumno tiene de sí mismo. 41% piensa que vale la pena prestar atención a sus emociones y estado de ánimo siempre, y 27% casi siempre, lo cual habla de que considera este aspecto relevante para su bienestar. 16% suele tener siempre una visión optimista a pesar de sentirse triste y 29% casi siempre. El ser optimista muestra un buen manejo de emociones, no obstante, el resto no muestra esta actitud. 19% de los encuestados respondió que siempre participa en actividades que le ayudan a ser una mejor persona, 36% lo hace casi siempre y 34% de forma ocasional, siendo este tipo de actividades de gran ayuda para que el individuo desarrolle empatía, tolerancia y solidaridad. El 46% disfruta siempre de mantener relaciones sanas con los demás y un 37% casi siempre lo que es representativo para el manejo del conflicto. Se observó en promedio que el 53% de los encuestados tienen conductas psicológicas positivas que podrían contribuir a mantener un mejor manejo de situaciones derivadas del estrés y que pueden ser un gran apoyo en su formación académica y la posterior práctica profesional. Sin embargo, será necesario reforzar las conductas de autocuidado psicológico en el 47% de los alumnos que presentan una mayor dificultad para manejar situaciones difíciles. Las conductas que ameritan atenderse para asegurar el cuidado psicológico tienen que ver con el optimismo, actividades para descansar de las preocupaciones; actividades para ser una mejor persona y mantener relaciones sanas con los demás, además de actividades de meditación.

INTRODUCCIÓN

En el contexto universitario actual, los estudiantes enfrentan múltiples desafíos que pueden afectar su bienestar físico, emocional y psicológico. Esta situación se vuelve particularmente crítica en carreras de las ciencias de la salud, como la Licenciatura en Nutrición, donde los alumnos no solo deben cumplir con altas exigencias académicas, sino también lidiar con presiones personales, prácticas profesionales y la expectativa de ser promotores del bienestar. Estas condiciones pueden derivar en estrés crónico, ansiedad, insomnio, desmotivación o incluso trastornos mentales, si no se cuentan con herramientas efectivas de afrontamiento.

Una de las estrategias fundamentales para contrarrestar estos efectos es el autocuidado psicológico, entendido como el conjunto de prácticas conscientes y voluntarias que una persona realiza para mantener su equilibrio emocional y prevenir el deterioro de su salud mental. Este tipo de autocuidado incluye actividades como la regulación emocional, la búsqueda de apoyo social, la gestión del tiempo,

la meditación, el descanso adecuado y la autoobservación. No obstante, aunque el concepto es ampliamente conocido, su aplicación real y sostenida en la vida cotidiana de los estudiantes universitarios suele verse limitada por factores como la falta de tiempo, la sobrecarga académica y la baja priorización del bienestar psicológico.

En este sentido, resulta necesario explorar no solo si los estudiantes practican conductas de autocuidado, sino también si estas persisten en el tiempo, es decir, si perviven a lo largo de los semestres de formación universitaria. Estudiar esta pervivencia permitirá identificar patrones, obstáculos y oportunidades para fortalecer el bienestar estudiantil desde una perspectiva preventiva. La presente investigación se enfoca en los estudiantes de la Licenciatura en Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex), con el objetivo de analizar la continuidad de las prácticas de autocuidado psicológico durante su trayectoria académica y aportar información útil para el diseño de estrategias de apoyo institucional más efectivas.

TEORIA

1.1 Autocuidado psicológico: conceptualización y relevancia

El autocuidado psicológico se refiere a la capacidad que tiene una persona para identificar, atender y gestionar sus propias necesidades emocionales, cognitivas y conductuales con el fin de mantener su bienestar psicológico (Norcross & Guy, 2007). Esta práctica es especialmente relevante en poblaciones sometidas a altos niveles de estrés, como los estudiantes universitarios, quienes enfrentan múltiples demandas académicas, personales y sociales (García-Campayo & Pérez-Erazo, 2017).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), el autocuidado es una estrategia fundamental para la promoción de la salud mental, al empoderar a los individuos para prevenir el agotamiento emocional, disminuir el riesgo de trastornos de ansiedad o depresión, y fortalecer su resiliencia. Las conductas de autocuidado psicológico pueden incluir técnicas de relajación, expresión emocional, meditación, establecimiento de límites, búsqueda de apoyo social y reflexión introspectiva (Saakvitne & Pearlman, 1996).

1.2 Estudiantes de ciencias de la salud: estrés y salud mental

Diversos estudios han demostrado que los estudiantes de las ciencias de la salud, como Medicina, Psicología y Nutrición, son especialmente vulnerables a altos niveles de estrés académico, ansiedad y desgaste emocional debido a la naturaleza exigente de sus carreras (Dyrbye et al., 2006). De acuerdo con Espinoza-Gutiérrez et al. (2020), los alumnos de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex) enfrentan presiones significativas relacionadas con la carga de materias, prácticas clínicas y preparación para exámenes.

El estrés crónico puede tener efectos negativos en la motivación, el rendimiento académico, la calidad del sueño y el desarrollo profesional. Por ello, es crucial fomentar el desarrollo de estrategias de autocuidado psicológico desde las primeras etapas de la formación universitaria (Montero-Montero et al., 2019).

1.3 Pervivencia de conductas de autocuidado

La pervivencia hace referencia a la permanencia o continuidad de una conducta o fenómeno a lo largo del tiempo. En el contexto del autocuidado psicológico, implica no solo la adopción de estas prácticas, sino su mantenimiento sostenido a lo largo de los semestres universitarios (Hernández Sampieri et al., 2014). La literatura sugiere que, si bien muchos estudiantes reciben información sobre salud mental y autocuidado, pocos logran incorporar estas prácticas como parte regular de su vida diaria (Brown et al., 2016).

Factores como la carga académica, la falta de tiempo, la escasa conciencia emocional y la percepción de invulnerabilidad pueden contribuir al abandono o descuido de estas conductas. Por

otro lado, el acompañamiento institucional, la cultura universitaria favorable y el modelado por parte de docentes pueden favorecer su continuidad (Cabanas, 2020).

1.4 Conductas específicas de autocuidado psicológico en universitarios

Entre las conductas más reportadas se encuentran el ejercicio físico regular, técnicas de respiración y meditación, alimentación saludable, apoyo de redes sociales, práctica de hobbies, gestión del tiempo, y la búsqueda de ayuda profesional cuando se requiere (González, 2021). En estudiantes de Nutrición, existe una conciencia elevada sobre los hábitos alimenticios, pero en muchos casos, las conductas emocionales y mentales no reciben el mismo nivel de atención (Cruz & Herrera, 2022).

La dualidad que enfrentan los estudiantes entre saber qué es lo saludable y aplicarlo a sí mismos representa un área de estudio relevante. Además, se ha observado que los estudiantes de ciencias de la salud pueden sentir presión por ser “modelos de salud” para otros, lo cual genera estrés adicional (Shapiro et al., 2000).

1.5 Intervenciones educativas e institucionales

Algunas universidades han implementado talleres, programas de tutoría y estrategias de acompañamiento para fomentar la salud mental en estudiantes. Estas intervenciones pueden contribuir a la interiorización y sostenibilidad de conductas de autocuidado, pero su efectividad depende del contexto sociocultural y del compromiso institucional (López-Noguero, 2013). En la UAEMex, existen programas de atención psicológica y promoción de la salud, pero su alcance y efectividad todavía requieren mayor evaluación (UAEMex, 2021).

PARTE EXPERIMENTAL

Fue un estudio de tipo observacional, prospectivo, transversal y descriptivo. Se evaluaron 213 alumnos mediante escala de conductas de autocuidado de Torres Soto y cols., (2021) con ítems y respuestas tipo Likert. La participación fue voluntaria y anónima con consentimiento informado.

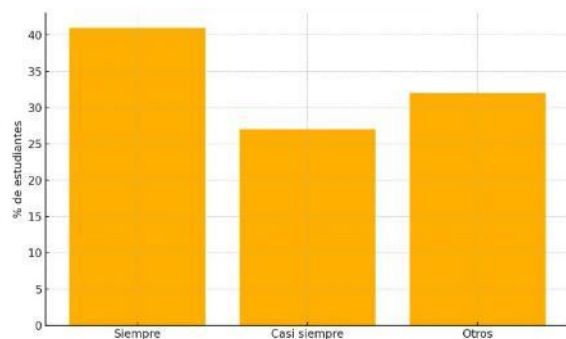
Para la subescala de Autocuidado psicológico se crearon ítems basándose en la “Escala de inteligencia emocional percibida” (*Trait Meta-Mood Scale*, TMMS-24; Salovey, Mayer, Goldman, Turvey y Palfai, 1995), adaptada al español por Fernández-Berrocal, Extremera y Ramos (2004), que mide el metaconocimiento de los estados emocionales a través de 24 ítems agrupados en tres dimensiones: atención a las emociones ($\alpha = 0,80$), claridad emocional ($\alpha = 0,75$) y reparación emocional ($\alpha = 0,74$). El nivel de consistencia interna (alfa de Cronbach) fue de 0,83 para la escala total.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos permiten visibilizar tendencias importantes que reflejan tanto fortalezas como áreas de oportunidad en la formación emocional y psicológica de los futuros nutriólogos. En primer lugar, el perfil de los participantes muestra una marcada mayoría de mujeres (73%) y una concentración importante de estudiantes jóvenes entre 18 y 22 años (83%), lo cual coincide con el perfil común de ingreso a esta carrera. Este dato es relevante, ya que las etapas de la juventud temprana implican procesos de desarrollo personal, identidad y toma de decisiones, donde el autocuidado psicológico juega un papel clave.

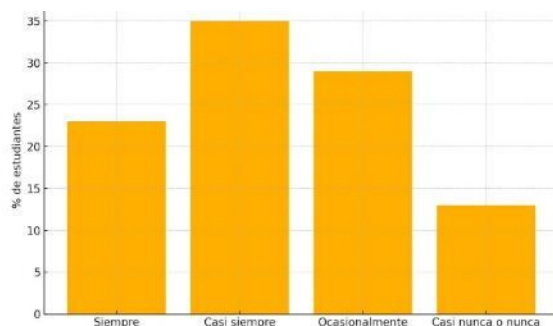
En cuanto a las conductas específicas analizadas, se encontró que un porcentaje significativo del estudiantado presta atención frecuente a lo que siente: el 35% respondió que casi siempre y un 23% que siempre se preocupa por su estado emocional. Esto representa un 58% de alumnos que manifiestan una actitud reflexiva hacia sus emociones. Sin embargo, un 29% lo hace solo ocasionalmente y el 13% restante (casi nunca o nunca) muestra una limitada conexión con su mundo emocional, lo cual podría tener consecuencias negativas en la construcción de su autoestima y en la manera en que enfrentan el estrés académico. (Grafica 1)

Gráfica No. 1. Valoración de la salud emocional



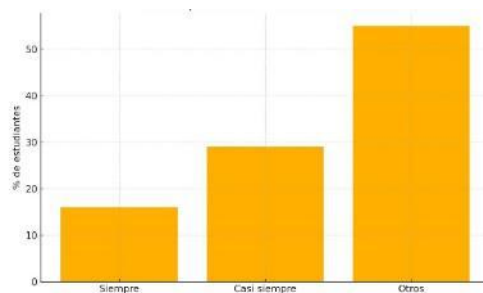
Asimismo, el 41% de los participantes señaló que siempre considera importante prestar atención a sus emociones y estado de ánimo, y un 27% lo hace casi siempre. Este hallazgo es alentador, ya que indica que más de dos tercios del estudiantado otorgan un valor significativo a la salud emocional como componente de su bienestar integral. No obstante, es preocupante que el resto del grupo no manifieste la misma conciencia emocional, lo que sugiere que es necesario reforzar este tipo de habilidades desde el ámbito institucional. (Gráfica 2)

Gráfica No. 2. Atención al estado emocional



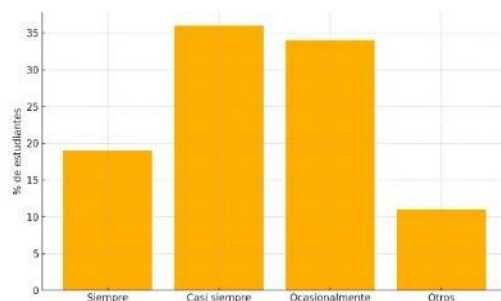
Un aspecto que refleja con mayor claridad la gestión emocional es la visión optimista frente a situaciones difíciles. En este rubro, solo el 16% de los estudiantes respondió que siempre mantiene una actitud positiva incluso en momentos tristes, y un 29% lo hace casi siempre. Esto indica que menos de la mitad de los alumnos cuenta con una perspectiva emocional resiliente, mientras que el resto podría tener dificultades para afrontar el estrés, la frustración o la incertidumbre, elementos que forman parte del entorno universitario y profesional. (Gráfica No 3)

Gráfica No. 3. Visión optimista en situaciones difíciles



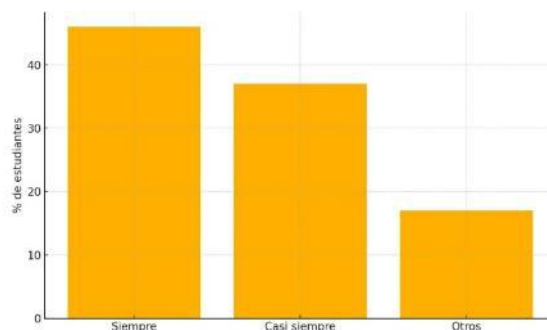
En cuanto a la participación en actividades que promueven el crecimiento personal —como talleres, acciones solidarias, reflexión personal, entre otros— el 19% de los estudiantes respondió que siempre participa en ellas y un 36% que lo hace casi siempre. Un 34% lo hace ocasionalmente. Este dato sugiere que existe una disposición importante a involucrarse en prácticas que fortalecen habilidades socioemocionales como la empatía, la tolerancia y la solidaridad, aunque todavía queda una proporción relevante de estudiantes que podrían no estar desarrollando estas competencias de forma sistemática. (Gráfica No. 4)

Gráfica No. 4 Participación en actividades de crecimiento personal



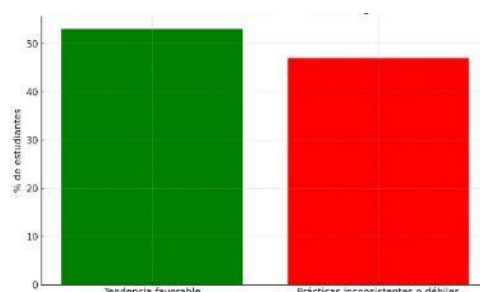
Uno de los indicadores más favorables fue el relacionado con el disfrute de relaciones interpersonales sanas: el 46% señaló que siempre las mantiene y un 37% que casi siempre. Este aspecto es clave, ya que la calidad de las relaciones personales influye directamente en el manejo de conflictos, la toma de decisiones éticas y el bienestar emocional general. Contar con una red de apoyo efectiva puede ser un factor protector frente al desgaste académico y emocional. (Gráfica No. 5)

Grafica No. 5 Relaciones interpersonales sanas



Se observa que aproximadamente el 53% de los estudiantes presenta una tendencia favorable hacia la adopción y mantenimiento de conductas de autocuidado psicológico, lo cual puede repercutir positivamente en su capacidad para enfrentar el estrés, regular sus emociones y sostener su rendimiento académico. Sin embargo, el otro 47% muestra prácticas inconsistentes o débiles, lo que implica un riesgo potencial para su salud mental y, a largo plazo, para su ejercicio profesional como promotores de la salud. (Gráfica No. 6)

Gráfica No. 6 Conductas de autocuidado personal



CONCLUSIONES

La presente investigación tuvo como propósito analizar la pervivencia de conductas de autocuidado psicológico en los estudiantes de la Licenciatura en Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex), con el fin de comprender hasta qué punto estas prácticas se mantienen activas a lo largo de la formación universitaria y qué implicaciones tienen para el bienestar personal y profesional del alumnado.

Estos hallazgos permiten concluir que, si bien existe una base sólida de conductas de autocuidado en el estudiantado, su pervivencia no está garantizada y puede verse afectada por factores como la sobrecarga académica, la falta de tiempo, la escasa educación emocional formal y la presión social inherente a su formación. Por lo tanto, es fundamental que la Facultad de Medicina y el programa educativo de Nutrición fortalezcan sus estrategias institucionales para el desarrollo emocional del alumnado. Esto puede incluir la integración transversal de contenidos sobre autocuidado psicológico, espacios de acompañamiento emocional, fomento de redes de apoyo entre pares y acceso a servicios de salud mental de forma continua y no solo reactiva.

Fomentar la pervivencia de estas conductas no solo contribuirá a formar profesionales de la nutrición con mayor bienestar personal, sino también con mejores herramientas para acompañar a otros en procesos de cambio de hábitos, desde una perspectiva integral, empática y sostenida.

REFERENCIAS

- Brown, K. W., Ryan, R. M., & Creswell, J. D. (2016). *Mindfulness: Theoretical foundations and evidence for its salutary effects*. *Psychological Inquiry*, 18(4), 211–237.
- Cabanas, E. (2020). *La psicología positiva: Una crítica desde la psicología crítica*. Alianza Editorial.
- Cruz, L., & Herrera, C. (2022). Conductas de autocuidado psicológico en estudiantes universitarios de nutrición. *Revista Iberoamericana de Psicología*, 18(2), 130–142.
- Dyrbye, L. N., Thomas, M. R., & Shanafelt, T. D. (2006). Systematic review of depression, anxiety, and other indicators of psychological distress among U.S. and Canadian medical students. *Academic Medicine*, 81(4), 354–373.
- Espinoza-Gutiérrez, M. et al. (2020). Estrés académico en estudiantes de medicina de la UAEMex. *Revista Mexicana de Investigación en Psicología*, 12(1), 55–65.
- Fernández-Berrocal, P., Extremera, N. y Ramos, N. (2004). Validity and reliability of the Spanish modified version of the Trait Meta-Mood Scale. *Psychological Reports*, 94(3), 751-755. doi: 10.2466/pr0.94.3.751-755
- García-Campayo, J., & Pérez-Erazo, F. (2017). *Manual práctico de mindfulness: Curiosidad y aceptación*. Desclée De Brouwer.
- González, R. (2021). Prácticas de autocuidado en universitarios y su relación con el rendimiento académico. *Psicología Educativa*, 27(1), 45–52.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- López-Noguero, F. (2013). Programas de intervención para el autocuidado en el ámbito universitario. *Educación y Futuro*, 29, 105–121.
- Montero-Montero, D., León-Delgado, J., & Ruiz-Pérez, J. (2019). Estrés académico y afrontamiento en estudiantes de ciencias de la salud. *Salud Mental*, 42(3), 129–136.
- Norcross, J. C., & Guy, J. D. (2007). *Leaving it at the office: A guide to psychotherapist self-care*. Guilford Press.
- OMS (2022). *Promoción de la salud mental: Recomendaciones para países*. Organización Mundial de la Salud.
- Saakvitne, K. W., & Pearlman, L. A. (1996). *Transforming the pain: A workbook on vicarious traumatization*. W.W. Norton.
- Salovey, P., Mayer, J. D., Goldman, S. L., Turvey, C. y Palfai, T. P. (1995). Emotional attention, clarity, and repair: exploring emotional intelligence using the Trait Meta-Mood Scale. En J. W. Pennebaker (dir.), *Emotion, disclosure, & health* (pp. 125-154). Washington, DC: American Psychological Association.
- Shapiro, S. L., Brown, K. W., & Biegel, G. M. (2000). Teaching self-care to caregivers: Effects of mindfulness-based stress reduction on mental health of therapists in training. *Training and Education in Professional Psychology*, 1(2), 105–115.
- UAEMex (2021). *Informe de programas de salud mental estudiantil*. Dirección de Apoyo Académico.

EFFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN AGUDA Y CRÓNICA DE UN EXTRACTO DE *H. Sabdariffa* L. SOBRE LA HIPERGLUCEMIA POSTPRANDIAL EN RATAS SANAS

Osvaldo de Jesús Quiroz Rodríguez, Blanca Patricia Lazalde Ramos, Marisol Galván Valencia

Maestría en Ciencias Biomédicas. U.A de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Zacatecas
gavm001144@uaz.edu.mx

RESUMEN

La hiperglucemia (HG) en los seres humanos se refiere a valores de glucosa en sangre mayores a 125 mg/dL en ayunas y mayores a 180 mg/dL a las 2h postprandial. Estudios epidemiológicos y clínicos controlados demuestran que la HG *per se* es factor de riesgo para complicaciones micro y macro vasculares, incluso independiente de que exista diagnóstico de síndrome metabólico (SM) o Diabetes Mellitus (DM). La hiperglucemia posprandial (HGP) es más sensible que la hiperglucemia en ayunas para el diagnóstico de DM, y en individuos no diabéticos se propone como un marcador temprano de riesgo cardiovascular. Los expertos recomiendan detectar y prevenir la HGP, pero los estudios de intervención con fármacos no demuestran beneficios cardiovasculares. Como alternativa terapéutica se proponen cambios en el estilo de vida como el ejercicio físico, la alimentación, y la incorporación de alimentos funcionales o nutraceuticos que retarden o inhiban el vaciado gástrico, la digestión de los carbohidratos y la absorción de la glucosa. *Hibiscus sabdariffa* es un alimento funcional rico en compuestos fenólicos, al que se le atribuyen varios efectos biológicos, entre otros el antihiperglucémico que sin embargo ha sido poco estudiado. El objetivo de este trabajo fue evaluar mediante pruebas de tolerancia oral a los carbohidratos el efecto de la administración aguda y crónica de un extracto hidroalcohólico de jamaica (EHS) sobre la HGP en ratas sanas, y la cuantificación de compuestos fenólicos en el extracto. Mediante ensayos espectrofotométricos se determinó que el EHS contiene 4.82% de compuestos fenólicos totales, 2.62% de flavonoides y 0.6% de antocianinas. La administración de una dosis única de 500 mg/kg del EHS previo a la prueba de tolerancia a la glucosa, sacarosa o almidón no provocó cambios en el curso temporal de la glucemia respecto del grupo control negativo. Sin embargo, en animales que antes de la prueba de tolerancia oral a los carbohidratos se les administró durante 4 semanas una dosis diaria de 500 mg/kg del EHS el pico de glicemia posprandial disminuyó significativamente. Los resultados sugieren que el consumo regular del EHS atenuó la HGP y este efecto pudiera estar relacionado con su contenido de compuestos fenólicos.

INTRODUCCIÓN

Los retos de salud en el mundo son diversos y determinados por las condiciones socioeconómicas, políticas, culturales, climáticas y geográficas de cada país. En países de bajos ingresos las enfermedades transmisibles continúan siendo uno de los principales riesgos para la salud, vinculadas con la pobreza, el bajo nivel educativo y económico, las inequidades en razón de género, edad, etnia, discapacidad, el limitado acceso a los servicios de salud, al agua potable y saneamiento básico, y los riesgos del cambio climático, entre otros factores. En contraste, en países de altos ingresos las enfermedades no transmisibles (enfermedades cardio y cerebrovasculares, cáncer, enfermedades respiratorias crónicas, diabetes, hipertensión, y enfermedades renales) ocupan 7 de las primeras 10 posiciones como causa de muerte, representando en el 2019 el 74% de las defunciones totales, y actualmente estas enfermedades continúan en aumento¹.

En México, un país de ingresos medio-bajos se observa esa transición epidemiológica. En el año 2022 se registraron 841,318 defunciones (56.1% hombres y 43.8% mujeres) de las cuales el 76% se debió a diez principales causas: seis enfermedades no transmisibles (ENT), dos enfermedades transmisibles, y dos por lesiones en accidentes, homicidios y suicidios². Las ENT son la causa principal de mortalidad en México además que presentan las tasas más altas de incidencia. De acuerdo al Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE) en el año 2021 la hipertensión arterial ocupó el segundo lugar de incidencias con una tasa de 256.5 casos por cada 100 mil hab.,

seguida por la diabetes mellitus tipo 2 con una tasa de 186.7 casos por cada 100 mil hab. y la obesidad con una tasa de 182.7 casos por cada 100 mil hab.³ Estos tres padecimientos forman parte del grupo de enfermedades metabólicas, y por lo general cursan con hiperglucemia.

El término hiperglucemia se refiere al nivel de glucosa en sangre >125 mg/dL en ayunas, y >180 mg/dL 2h postprandial. Una persona presenta intolerancia a la glucosa o pre-diabetes cuando su nivel de glucosa en ayunas es de 100-125 mg/dL. El diagnóstico de diabetes se establece cuando el nivel de glucosa en sangre en ayunas es >125 mg/dL, una glucemia de ≥ 200 mg/dL 2h posteriores a una carga de 75g de glucosa oral, ≥ 200 mg/dL de glucemia al azar, y un nivel de hemoglobina glucosilada $\geq 6.5\%$. La hiperglicemia es el resultado de la reducción en la secreción de insulina, el aumento en la producción hepática de glucosa y la disminución de su metabolismo periférico. La hiperglicemia crónica causa daño en ojos, riñones, nervios, corazón y al sistema vascular, incluso incrementa el riesgo de la enfermedad de Alzheimer⁴.

El tratamiento de la hiperglicemia consiste en una dieta adecuada, pérdida de peso, y cambios en el estilo de vida, además del uso de varios fármacos. Con frecuencia los tratamientos antihiperglucémicos generan una alta variación de los niveles de glucosa observándose constantes episodios de hipo e hiperglucemia que causan complicaciones particularmente en pacientes con problemas cardiovasculares⁵. Considerando lo anterior, es necesario buscar alternativas y soluciones que faciliten la terapia y reduzcan el riesgo de comorbilidades. El uso de la fitoterapia en la práctica clínica para combatir enfermedades crónicas no transmisibles y como sustituto de fármacos parece ser una opción viable. Los extractos de plantas se utilizan en diversas formas de preparación para mejorar la salud. Tal es el caso de la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), una planta silvestre de la familia Malvaceae cultivada en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, utilizada en la medicina popular desde hace miles de años. Gracias a sus numerosos principios activos como polifenoles, polisacáridos, ácidos orgánicos y pectina, se le atribuyen efectos hipoglucemiantes, antioxidantes, antihipertensivos y antilipidémicos, así como una serie de efectos indirectos relacionados. De sus cálices se prepara en infusión una bebida refrescante, ligeramente ácida, muy recomendada como emoliente, diurético, antiespasmódico, antihelmíntico, antibacteriano, hipotensor y antiescorbútico⁶. La evidencia sugiere que el consumo regular de extractos, preparados y alimentos a base de *H. sabdariffa* pueden mejorar en gran medida la salud de los humanos, sin embargo, se requiere mayor evidencia que respalde estos atributos. En este trabajo se estudia su efecto anti-hiperglucémico.

TEORÍA

Las hiperglucemias tienen un origen metabólico y pueden ocurrir en pacientes con o sin diabetes mellitus (DM). El término hiperglucemia (HG) se refiere a los niveles de glucosa en sangre superiores a 125 mg/dL en ayunas y a 180 mg/dL a las dos horas postprandiales. Por su gravedad, puede dividirse en a) regulación alterada de la glucosa (incluye glucemia de ayuno alterada e intolerancia a la glucosa), y b) DM que puede ser, no insulino dependiente, insulino dependiente para lograr control metabólico, e insulino dependiente para sobrevivir⁷. La HG aumenta el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus, insuficiencia renal y cáncer, así como agrava otras enfermedades particularmente aquellas que cursan con inflamación⁴.

En individuos sanos la homeostasis de la glucosa plasmática es el equilibrio entre la producción de glucosa por parte del hígado y la absorción de glucosa proveniente del alimento y su uso por parte de los tejidos. Este balance se logra gracias a la secreción alternada entre la insulina y el glucagón manteniendo valores adecuados a lo largo del día. Después de ingerir alimentos, se produce un aumento de la secreción de insulina, que suprime la secreción de glucagón y en consecuencia la producción de glucosa en el hígado, además el aumento de la insulina en el plasma estimula la captación de glucosa por los tejidos periféricos. De esta manera se evita que la glucosa posprandial (GPP) aumente por encima de 140 mg/dL. La hiperglicemia tras la ingesta de alimentos, aunada a la disminución de la secreción de insulina, la disminución de la utilización de glucosa y un aumento de la producción de glucosa se conoce como hiperglucemia posprandial (HGP). La progresión de la HGP conduce a una pérdida gradual del control de la glucemia en ayunas, también conocida como

hiperglucemia basal. Para el seguimiento de la HGP generalmente se elabora una curva de tolerancia, en la que se realizan mediciones de glucosa en periodos establecidos (usualmente 30, 60, 90 y 120 minutos) después de consumir una carga de glucosa o algún otro carbohidrato. En individuos con un correcto control de la glucosa, la glucemia regresa a su nivel inicial después de dos horas de la ingesta. En caso de diabetes u otras alteraciones metabólicas, la curva muestra picos más elevados y un descenso más pausado^{8,9}. La HGP es una alteración frecuente, particularmente en individuos con diabetes tipo 2, y puede ser la primera señal de esta enfermedad. La HG resulta de la combinación de la pérdida paulatina en la función de las células beta del páncreas y la resistencia a la insulina (RI) en tejidos como el hígado, el músculo y los adipocitos. La RI temporalmente se compensa con un incremento en la secreción de insulina por parte de las células beta del páncreas, pero al paso del tiempo las células beta se deterioran debido a la toxicidad de la glucosa, empeorando la RI y provocando intolerancia a la glucosa. La glucotoxicidad se debe al incremento en la producción de especies reactivas de oxígeno que genera un estado crónico de estrés oxidativo. Este estado disminuye la producción de insulina (al parecer debido a su bajo nivel de enzimas antioxidantes), limita la producción de energía y altera la producción y acción de otras hormonas, dando lugar a las complicaciones micro y macrovasculares. La inflamación es otro de los desórdenes que coexisten y retroalimentan de manera positiva la hiperglucemia. Por ello las estrategias terapéuticas se centran en estos tres objetivos: reducir la inflamación, la hiperglucemia y el estrés oxidativo¹⁰. El tratamiento farmacológico de cada uno de estos síntomas implica usar una polifarmacia, aumentando el riesgo de reacciones adversas e interacciones entre fármacos. La búsqueda de alternativas terapéuticas eficaces considera a las plantas medicinales como una opción adecuada por la gran cantidad de compuestos activos que contienen y actúan a través de múltiples mecanismos y blancos terapéuticos. *Hibiscus sabdariffa* ha demostrado beneficios en modelos experimentales de diabetes, al disminuir la presión sanguínea, la dislipidemia y mejorar el estado oxidativo¹¹⁻¹⁴, y en estudios clínicos con pacientes con hipertensión y DM¹⁵. Sin embargo, los reportes del efecto anti-hiperglucémico de *H. sabdariffa* son escasos y controvertidos^{16,17}. Mas escasos son los estudios de su efecto sobre la HGP, Zulfiqar S. en 2022 demuestra que un extracto en etanol al 70% de *Hibiscus sabdariffa* a concentración de 37.5 µg/mL inhibía la actividad *in vitro* de las enzimas α y β glucosidasas y α -amilasa. Los autores especulaban que el efecto pudiera deberse al alto contenido de flavonoles y antocianinas, lo que concuerda con estudios con otras plantas ricas en estos compuestos. Con base en lo anterior, en este trabajo nos propusimos evaluar mediante pruebas de tolerancia oral a los carbohidratos, el efecto de la administración aguda y crónica de un extracto hidroalcohólico de jamaica sobre la HGP en ratas sanas, y la cuantificación de compuestos polifenólicos en el extracto.

PARTE EXPERIMENTAL

Materia vegetal y preparación del extracto

Los cálices de *H. sabdariffa* se compraron en un comercio local (Members Mark, Sams Club) como un producto preenvasado y de un solo lote. El producto cumple con la información comercial y sanitaria que se establece en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 "Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas pre-ensados, información comercial y sanitaria. Los cálices secos se molieron hasta obtener un polvo fino que se dispersó en una mezcla de etanol-agua destilada-ácido acético en proporción 20:79.8:0.2 (v/v), durante 30 minutos en un sonicador y posteriormente con agitación mecánica durante 24 horas, a temperatura ambiente y protegido de la luz. El proceso se repitió tres veces, filtrando el extracto y almacenando el sobrenadante en refrigeración. El sobrenadante se concentró en un evaporador rotatorio a baja presión, luego se congeló a -20°C y se liofilizó.

Caracterización fitoquímica del extracto

A partir de soluciones acuosas se obtuvo el espectro de absorbancia característico del extracto en el rango de longitud de onda de 250 a 750 nm a concentración de 1 mg/mL en KCl 0.025 M pH 1.0 y tampón de acetatos 0.4 M pH 4.5. Se utilizó el método diferencial de pH para cuantificar el contenido de antocianinas monoméricas, mediante la diferencia en absorbancia a 520nm a pH 1.0 y pH 4.5, de acuerdo al método descrito por Lee J., (2005)¹⁹.

El contenido de compuestos fenólicos totales se determinó mediante el método de Folin-Ciocalteu²⁰ utilizando soluciones estándar de ácido gálico a concentraciones de 50 a 250 µg/ml y el extracto de *Hibiscus sabdariffa* a una concentración de 100 µg/ml. Las soluciones del estándar y el extracto se mezclaron con el reactivo de Folin y enseguida se agregaba Na₂CO₃ al 7.5%. Los tubos se incubaron en oscuridad por 60 minutos y se midió la absorbancia a 725nm. El contenido total de compuestos fenólicos se expresó como g equivalentes de ácido gálico/ 100g de extracto.

Para la determinación del contenido de flavonoides²¹, se prepararon soluciones de un estándar de Rutina a concentración de 8 a 40 µg/ml, y el extracto de *Hibiscus sabdariffa* a una concentración de 200 µg/ml. A 1 mL de la muestra o el estándar de rutina se añadían 150 uL del nitrito de sodio al 5%, 150uL de cloruro de aluminio al 10% y 2 mL de hidróxido de sodio al 4%, completando el volumen de cada tubo hasta 5 mL con agua destilada. Los tubos se reposaban 15 minutos y se leía la absorbancia a 510 nm. El contenido de flavonoides en la muestra, se expresó como g de equivalentes de rutina/ 100g de muestra.

Animales de laboratorio y diseño experimental

Se emplearon 20 ratas Wistar normo glucémicas, 14 machos y 6 hembras de 3 a 5 meses de edad. El mantenimiento y manipulación de los animales se apegó a la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, que señala las especificaciones y técnicas para la reproducción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. El sacrificio de los animales fue acorde a la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014, y los residuos biológicos fueron tratados como lo indica la Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002.

Los animales fueron distribuidos en dos grupos experimentales. **Administración aguda del extracto (AA)**: 12 animales sanos sin ningún pre-tratamiento que se dividieron en tres subgrupos. **AA-Control**) 4 animales que recibieron agua purificada 15 minutos antes de realizar la prueba de tolerancia oral (PTO). **AA-EHS**) 4 animales que recibieron una dosis del EHS 15 minutos antes de la PTO. **AA-Fármaco**) 4 animales que recibieron una dosis de un fármaco anti-hiperglucémico 15 minutos antes de la PTO. **Administración crónica del extracto (AC-EHS)**: 8 animales que durante 20 semanas se les administró el EHS a una dosis de 500 mg/kg vía cánula, y el día de la prueba, recibieron agua purificada 15 minutos antes de la PTO

Prueba de tolerancia oral a carbohidratos glucosa, sacarosa y almidón

Previo a realizar la PTO²², los animales estuvieron en ayuno de 10-12h. Se tomaba una muestra basal de glucosa en sangre venosa; luego se les administraba vía cánula un volumen de agua purificada (grupos AA-Control y AC-EHS), o el EHS a dosis de 500 mg/kg (grupo AA-EHS), o los fármacos Canagliflozina o Acarbosa a 10 mg/kg (grupo AA-Fármaco); 15 minutos después se administraba la carga de glucosa (2 g/kg), sacarosa (3 g/kg), o almidón (3g/kg) vía cánula oral. La glucemia se midió de la vena caudal con glucómetro digital y tiras reactivas (FreeStyle Optium Neo, Abbot) a los 15, 30, 60, 120 y 240 minutos posteriores a la administración de los carbohidratos. En apego a los principios bioéticos para la experimentación animal, particularmente lo que respecta a la reducción en el número de animales, en este estudio se emplearon los mismos animales para las PTO con glucosa, sacarosa y almidón, dejando una semana entre cada prueba.

Análisis estadístico

Los datos se presentan como media±SEM. La normalidad de los datos se verificó con la prueba Shapiro Wilk, y las diferencias entre grupos mediante t-student y análisis de varianza de dos vías seguido de la prueba de Dunnet. Se consideraron diferencias significativas cuando p<0.05.

RESULTADOS

Caracterización fitoquímica del extracto

Hibiscus sabdariffa conocida en México como flor de Jamaica es originaria de África. Actualmente se distribuye y cultiva en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo. En México el 91% de la cosecha proviene de los estados de Guerrero y Oaxaca siendo cuatro las variedades criollas que se cultivan: “Alma Blanca”, “Rosalíz”, “Cotzaltzin”, y “Teconoapa”, diferenciándose por el color de sus

flores y cáliz, así como por las dimensiones de sus estructuras²³. El producto utilizado para este estudio, probablemente corresponda a las variedades Cotzaltzin o Teconoapa (Figura 1a). La elección del solvente de extracción se basó en lo reportado por Salazar González C. (2012) quienes compararon agua, etanol-agua 50:50 y 70:30, y etanol absoluto²⁴. Determinaron que las mezclas etanol-agua acidificada disminuye la extracción de polisacáridos e incrementa los compuestos fenólicos especialmente antocianinas. Por otro lado, el uso de etanol como solvente de extracción es seguro para administrar en animales. El pH del extracto fue de 2.2, y después de liofilizarlo el rendimiento de sólidos obtenidos fue de $40 \pm 5\%$ g/g el cual presentaba un color rojo tinto (Figura 1b). Como parte de la caracterización del extracto de *H. sabdariffa* (EHS) se evidenció la presencia de antocianinas, para ello se prepararon soluciones acuosas a pH 1.0 y 4.5 y se registraron los espectros correspondientes (Figura 1c) identificándose a pH 1.0 máximos en la región visible a 520nm y en UV a 300nm, además de dos hombros, uno alrededor de los 320nm y otro menos visible alrededor de 430nm (Figura 1c). A pH 4.5 disminuyó considerablemente la absorbancia a 520nm. La coloración de las soluciones cambió de un rojo brillante en pH 1.0 a un rojo marrón a pH 4.5. En pH 7.0 la solución tenía una coloración azul (no mostrado) que corresponde a la base quinoidal.

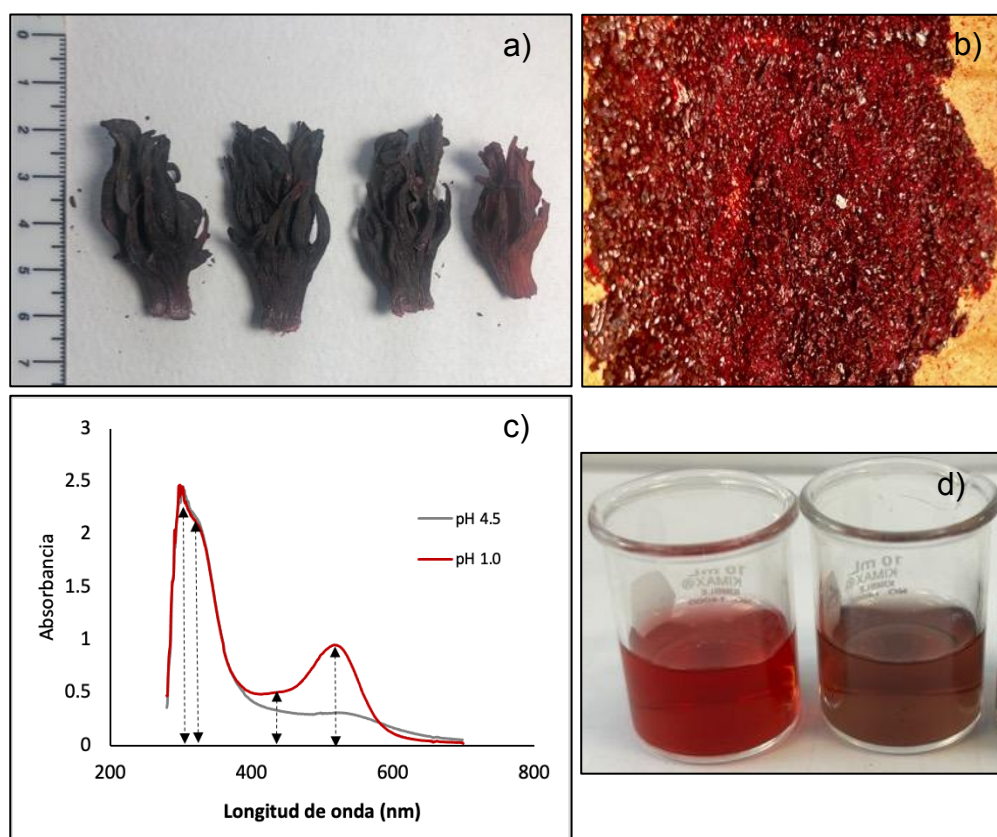


Figura 1. a) Características físicas de los cálices de *H. sabdariffa* utilizados para la preparación del extracto. b) liofilizado del extracto. c) espectro UV-Vis del extracto de *H. sabdariffa* en solución acuosa a pH 1.0 (línea roja) y 4.5 (línea gris), se indica con flechas las bandas de absorbancia características del extracto. d) Coloración de las soluciones del extracto a pH 1.0 (izquierda) y pH 4.5 (derecha).

Las antocianidinas y las antocianinas (sus formas glicosiladas) son flavonoides de las plantas que absorben luz en las regiones UV y visible debido a la deslocalización de la carga del catión flavilio proporcionando la coloración roja, sin embargo, la interacción con otras moléculas como fenoles o metales da lugar a fenómenos de copigmentación y complejación ampliando la intensidad y el cambio de coloración al púrpura y azul. Así mismo la conjugación con moléculas de agua al heterociclo y el

incremento del pH neutraliza la carga positiva con pérdida de la coloración²⁵. Con base en esta propiedad, la espectrofotometría UV-Vis facilita la identificación de las antocianinas las cuales presentan un patrón de absorción característico, dos bandas en la región UV a 260-280nm y otra a 310-340 nm, esta última asociada a la acilación en la molécula y de estar ausente u observarse como un hombro indicaría que se trata de antocianinas no aciladas; y un segundo máximo se observa en la región visible entre 490 y 550 nm con un hombro entre 400-450 nm cuya intensidad depende del número de azúcares unidos a la aglicona. Corrimiento batocrómico de los máximos se presenta con el incremento en el número de grupos hidroxilos, en tanto que a mayor metilación se observa un corrimiento hipsocrómico²⁵. En *H. sabdariffa* las antocianinas reportadas son la delphinidina y la cianidina glicosiladas²⁶, ambas absorben a 520nm lo que concuerda con nuestros resultados. Las otras señales identificadas se relacionan con el número de grupos hidroxilo en el anillo B de la antocianidina, así como el tipo, número y posición de azúcares unidos a la aglicona, y con la ausencia o presencia de ácidos aromáticos o alifáticos enlazados a los azúcares (acilación).

Fundamentado en las propiedades de absorción de las antocianinas, el método del diferencial de pH ha sido utilizado para cuantificar el contenido de antocianinas totales basado en los cambios reversibles estructurales del cromóforo de las antocianinas pasando de la forma oxonium coloreada (pH 1.0) a la forma hemiacetal a pH 4.5. De esta forma, tal como lo describe Lee J., y cols. (2005) calculamos el contenido de antocianinas, empleado las absorbancias a 520 nm y 700 nm a los dos valores de pH, el peso molecular y el coeficiente de extinción de la cianidina-3-glucósido¹⁹, obteniendo un contenido de **564.42 mg equivalentes de cianidina-3-glucósido/ 100g de extracto**.

Otros componentes principales de *H. sabdariffa* a los que se les asocia con la actividad biológica son los compuestos fenólicos, ácidos orgánicos y flavonoides (Izquierdo-Vega et al., 2020; Guardiola & Mach, 2014). En este trabajo cuantificamos el contenido de compuestos fenólicos totales utilizando el método de Folin-Ciocalteu (FC). El reactivo de FC es una mezcla compleja de compuestos de los ácidos fosfomolibdico y fosfotúngstico, que se reducen durante la transferencia de electrones desde los compuestos reductores presentes en la muestra hacia el reactivo de FC, produciendo un cromóforo azul con una absorbancia máxima a 760 nm. Como compuesto de referencia utilizamos ácido gálico para construir una curva de calibración (Figura 2a) a partir de la cual se determinó en el EHS un contenido de compuestos fenólicos totales de **4.82g equivalentes de ácido gálico/ 100g de extracto**.

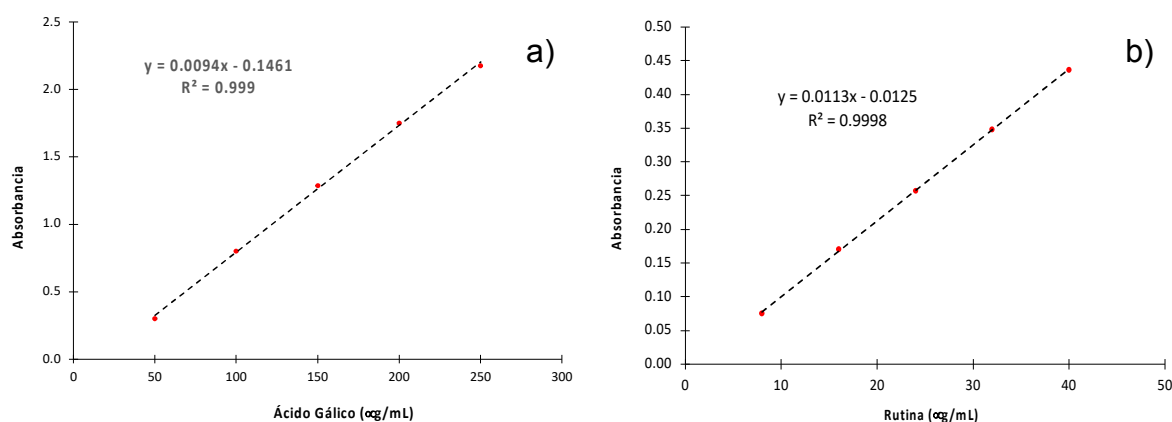


Figura 2. Curvas de calibración para la cuantificación de a) compuestos fenólicos totales, y b) flavonoides en el EHS. Cada punto representa el promedio de tres mediciones independientes $\pm$ DE

De igual forma se utilizó un método colorimétrico para cuantificar el contenido de flavonoides en el EHS. En este método se emplea el reactivo cloruro de aluminio para formar en condiciones ácidas complejos estables con el grupo cetona del C4 de las flavonas o con los grupos hidroxilo de los C3 o C5 en los flavonoles. Adicionalmente el reactivo también puede reaccionar con los grupos

ortodihidroxiolos en los anillos A o B de los flavonoides formando complejos lábiles en soluciones ácidas. En ambos casos los complejos formados presentan una coloración rosa que se mide a 510 nm. Rutina se utilizó como estándar de referencia para construir una curva de calibración (ver Figura 2b). De esta forma se determinó un contenido de flavonoides totales de **2.62 g equivalentes de Rutina/ 100 g del EHS**.

Una vez que se evidenció la presencia de grupos de compuestos activos en el extracto, se procedió a evaluar la actividad sobre la HGP mediante pruebas de tolerancia a 3 carbohidratos: glucosa (monosacárido), sacarosa (disacárido), almidón (polisacárido). Los gráficos temporales de la glucemia se presentan en la Figura 3.

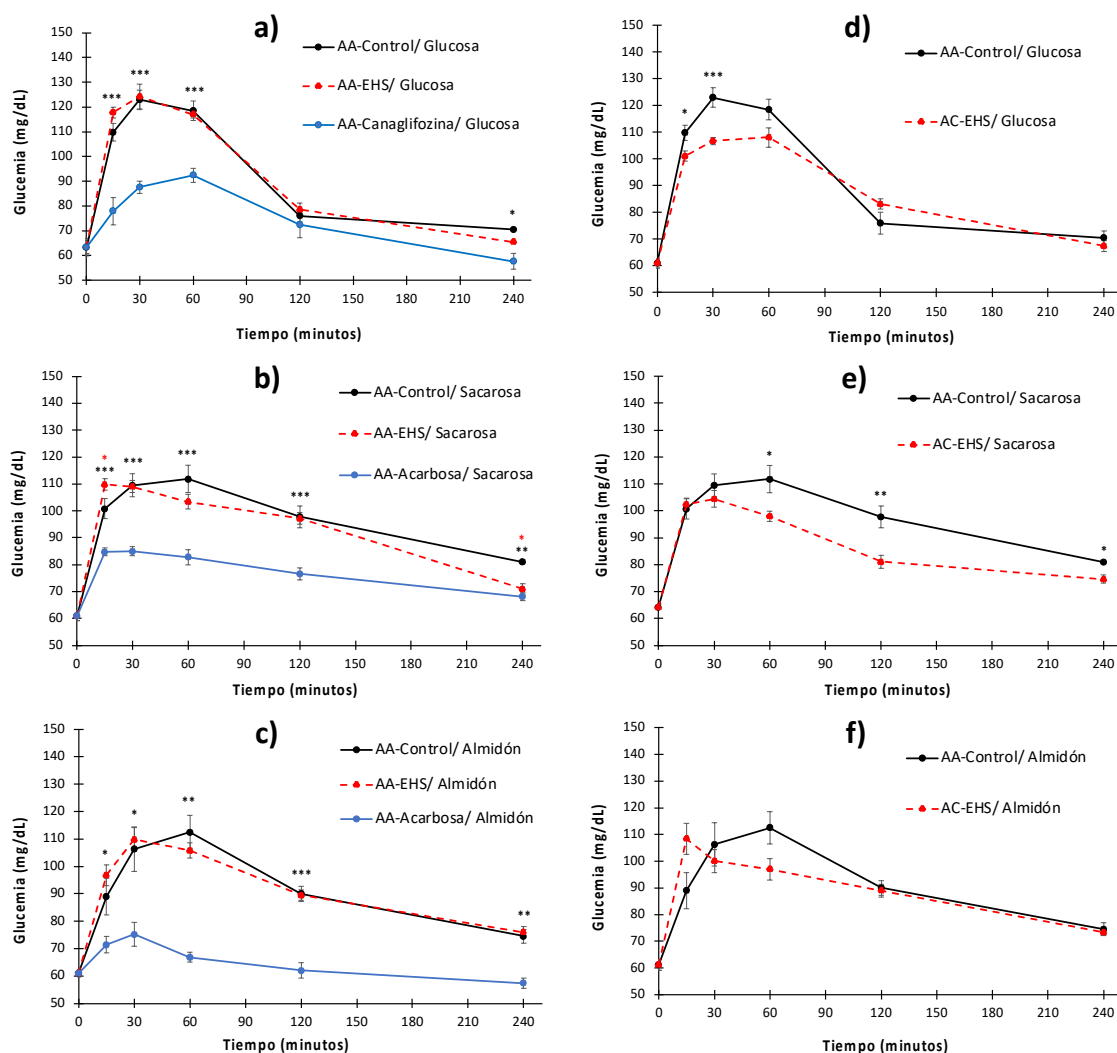


Figura 3. Curso temporal de la glucemia en animales sanos, tratados con una dosis única del EHS a 500 mg/kg (AA-EHS) 15 minutos previo a la PTO con glucosa (a), sacarosa (b), y almidón (c), y su comparación con la respuesta de animales sin ningún tratamiento (AA-Control) y tratados con Canagliflozina (AA-Canagliflozina) o Acarbosa (AA-Acarbosa). Los gráficos d-f es la respuesta de los animales que recibieron un pretratamiento del EHS a 500 mg/kg durante 20 semanas antes de realizar la PTO con los carbohidratos glucosa (d), sacarosa (e), y almidón (f). * $p < 0.05$, ** $p < 0.005$, *** $p < 0.0005$. De a-c las diferencias entre los grupos AA-Control vs AA-Fármaco se marcan con

asteriscos en color negro, y las diferencias entre los grupos AA-Control vs AA-EHS en color rojo. AA: administración aguda, AC: Administración crónica.

La administración de una sola dosis del EHS en animales normoglucémicos previo a la PTO no provocó cambios en el nivel de glucosa en sangre respecto del grupo control e independientemente de que se administrara una carga de glucosa, sacarosa o almidón. Únicamente un ligero cambio en el perfil temporal de la glucemia se observó cuando lo que se administra es el disacárido sacarosa con diferencias significativas solo a los 15 y 240 minutos. Estos resultados indican que la administración única del extracto a una dosis de 500 mg/kg antes de consumir glucosa no modifica la absorción y el nivel de glucosa en sangre en animales sanos. De la misma forma en animales sanos, el EHS tampoco altera la digestión y posterior absorción de la glucosa en intestino, después de consumir carbohidratos complejos como son disacáridos o polisacáridos. Como era de esperarse, diferencias significativas en la glucemia se observaron entre el grupo control y los grupos tratados con los fármacos Canagliflozina y Acarbosa, los cuales a través de mecanismos diferentes disminuyen la absorción y la digestión de carbohidratos, respectivamente. En cuanto al grupo de animales sanos que se les trató de forma crónica (20 semanas) con el EHS antes de realizar las PTO a los carbohidratos, se observó una disminución significativa de la glucemia a los 15 y 30 minutos respecto del grupo control cuando lo que consumieron fue glucosa. En estos animales al administrarles sacarosa se alcanzaron diferencias significativas respecto del grupo control a los 60, 120 y 240 minutos. Al administrarles almidón no se aprecian diferencias entre ambos grupos.

El corto tiempo al que se presentaron las diferencias en la glucemia de los animales tratados crónicamente con el EHS, sugiere que el efecto que indujo el EHS es a nivel de la digestión de la sacarosa y/o la absorción de glucosa. La digestión de la sacarosa se debe a la sacarasa una alfa-glucosidasa presente en los enterocitos que hidroliza la sacarosa en fructosa y glucosa. Sulfiqar S. y cols. en 2022 publican un estudio sobre el efecto de *Hibiscus sabdariffa* sobre la glicemia posprandial en humanos sanos. Después de consumir 50g de carbohidratos se monitoreo la glucosa en sangre por 3h y se demostró que la glucosa posprandial se atenuaba. Un estudio in vitro demostró que el extracto inhibía la actividad de la alfa-glucosidasa pero no a la alfa-amilasa¹⁸. Los autores sugerían que este efecto pudiera deberse a la presencia de las antocianinas.

Otro posible efecto de los componentes del EHS pudiera darse a nivel de la absorción de la glucosa. Más del 80% de los carbohidratos digeridos terminan como moléculas de glucosa. La absorción intestinal de la glucosa comprende al co-transportador Na⁺-Glucosa (SGLT1), pero otros mecanismos de absorción han sido propuestos, como la difusión paracelular y el transporte apical a través del transportador GLUT2²⁷. Tradicionalmente al transportador GLUT2 se le ha relacionado con el transporte de la glucosa (y fructosa) en la membrana basolateral del enterocito hacia la circulación. Sin embargo, la sola actividad de SGLT1 no explica la alta absorción de glucosa en un lapso de minutos cuando existe una sobrecarga de monosacáridos. Es así que existe evidencia que bajo esas condiciones, GLUT2 transloca y se inserta en la membrana apical, y que SGLT1 lo promueve a través de un incremento en la concentración intracelular de glucosa. SGLT1 es un transportador de alta afinidad pero baja capacidad, por lo que presenta saturación en altas concentraciones de glucosa. Por el contrario, GLUT2 presenta baja afinidad pero alta capacidad de transporte, siendo no saturable, por lo que cuando se alcanzan altas concentraciones de glucosa en el lumen intestinal GLUT2 llega a ser el principal responsable de la absorción de la glucosa²⁸. Estudios en ratones demostraron que cuando estos son alimentados por periodos largos con azúcares simples, al realizar una PTO se observa una rápida inserción apical del transportador GLUT2, a diferencia de los ratones que fueron alimentados en el mismo periodo con carbohidratos complejos en los que la inserción de GLUT2 fue mínima.

Comprender los mecanismos responsables de las fluctuaciones de glucosa posprandial es esencial para proponer nuevos blancos terapéuticos y estrategias terapéuticas para el control glucémico en pacientes con síndrome metabólico y diabetes mellitus 2.

CONCLUSIONES

Los resultados presentados indican que el EHS tiene un alto contenido de antocianinas glicosiladas y posiblemente aciladas, las cuales generan un patrón de picos de absorbancia característico en la región UV y Vis. Fue posible cuantificar el contenido de antocianinas en el extracto empleando el método del diferencial de pH. Mediante métodos espectrofotométricos se determinó el contenido de compuestos fenólicos totales y de flavonoides en el extracto. Finalmente mediante pruebas de tolerancia oral a los carbohidratos glucosa, sacarosa y almidón se demostró que en animales sanos, el consumo regular del EHS disminuye los picos de glucosa posprandial posiblemente a través de mecanismos de inhibición del transportador de glucosa intestinal SGLT1 y/o de la enzima sacarasa.

BIBLIOGRAFÍA

1. GBD 2021 Risk Factors Collaborators, "Global burden and strength of evidence for 88 risk factors in 204 countries and 811 subnational locations, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021". *The Lancet*, 403, 10440, 2024, pp. 2162-2203.
2. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, "Estadísticas de defunciones registradas 2022" Consultado 28 de octubre del 2024. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/EDR/EDR2022.pdf>
3. Dirección general de epidemiología, Secretaría de Salud, "Panorama epidemiológico de las enfermedades no transmisibles en México, cierre 2021". Consultado el 28 de octubre del 2024. Disponible https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/745354/PanoEpi_ENT_Cierre2021.pdf.
4. M.I. Mouri, "Hyperglycemia" [Updated 2023 Apr 24]. In: StatPearls [Internet]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430900/>
5. N.M. Hanssen, "Postprandial Glucose Spikes, an Important Contributor to Cardiovascular Disease in Diabetes?" *Front. Cardiovasc. Med.*, 7, 570553, 2020.
6. D. Jamrozik, "*Hibiscus sabdariffa* in Diabetes Prevention and Treatment—Does It Work? An Evidence-Based Review". *Foods*, 11, 14, 2022, pp. 2134-2184.
7. J. D. Castrillon Spitia, "Descripción Manejo de la hiperglicemia en un hospital de primer nivel de atención". *Revista médica de Risaralda*, 27, 1, 2021, pp.56–63
8. S. L. Aronoff, "Glucose metabolism and regulation: Beyond insulin and glucagon". *American Diabetes Association*, 17, 3, 2004, pp.183–190.
9. E. Faure-Nogueras, "Hiperglucemia posprandial: importancia y tratamiento. *Endocrinología y nutrición*, 53, 2, 2006, pp.137–142.
10. L. Vivó Barrachina, "The Role of Natural Products on Diabetes Mellitus Treatment: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials". *Pharmaceutics*, 14, 1, 2022, pp. 101
11. S.C. Wang, "Aqueous extract from *Hibiscus sabdariffa* Linnaeus ameliorate diabetic nephropathy via regulating oxidative status and Akt/Bad/14-3-3γ in an experimental animal model". *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 938126, 2011.
12. A.I. Mohamed, "*Hibiscus sabdariffa* L. polyphenolic-rich extract promotes muscle glucose uptake and inhibits intestinal glucose absorption with concomitant amelioration of Fe²⁺-induced hepatic oxidative injury, *J. Food Biochem.*, 46, 12, 2022, e14399.
13. N. L. Mohammed Yusof, "*Hibiscus sabdariffa* L. polyphenol-rich extract averts cardiac functional and structural abnormalities in type 1 diabetic rats", *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 43, 12, 2018, pp. 1224–1232.
14. A. Hamadjida, "Antioxidant and anti-inflammatory effects of *Boswellia dalzielii* and *Hibiscus sabdariffa* extracts in alloxan-induced diabetic rats". *Metabolism Open*, 21, 2024, 100278.
15. N.R. Mayasari, "Antidiabetic effect of Rosella-Stevia tea on prediabetic women in Yogyakarta, Indonesia". *J. Am. Coll. Nut.*, 37, 5, 2018, pp. 373–379
16. C.H. Peng, "*Hibiscus sabdariffa* polyphenolic extract inhibits hyperglycemia, hyperlipidemia, and glycation-oxidative stress while improving insulin resistance. *J. Agric. Food Chem.*, 59, 18, 2011, pp. 9901–9909.

17. B. Niu, "Network pharmacology-based analysis of the anti-hyperglycemic active ingredients of roselle and experimental validation". *Computers in Biology and Medicine*, 14, 2022, 104636.
18. S. Zulfiqar, "*Hibiscus sabdariffa* inhibits α -glucosidase activity *in vitro* and lowers postprandial blood glucose response in humans", *Human Nutrition & Metabolism* 30, 2022, 200164
19. J. Lee, "Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines by the pH Differential Method: Collaborative Study". *J. AOAC Int.*, 88, 5, 2005, pp. 1269-1278
20. Th. Parimelazhagan, "Total phenolic content" in *Pharmacological Assays of Plant-Based Natural Products* (Springer International Publishing Switzerland, 2016), Chapter 8, pp 49-51.
21. Th. Parimelazhagan, "Flavonoid content" in *Pharmacological Assays of Plant-Based Natural Products* (Springer International Publishing Switzerland, 2016), Chapter 8, pp 52-53.
22. E. Wisetmuen, "Insulin secretion enhancing activity of roselle calyx extract in normal and streptozotocin-induced diabetic rats", *Pharmacog. Res.*, 5, 2, 2013, pp. 65-70
23. R. Ariza Flores, "Variedades mexicanas de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) 'Alma Blanca' y 'Rosalíz' de color claro, y 'Cotzaltzin' y 'Tecoanapa' de color rojo. *Rev. fitotec. mex*, 37, 2, 2014, pp. 181-185.
24. C. Salazar González, "Antioxidant properties and color of *Hibiscus sabdariffa* extract", *Cien. Inv. Agr.*, 39,1, 2012, pp. 79-90. S.
25. Saha, "Anthocyanin Profiling Using UV-Vis Spectroscopy and Liquid Chromatography Mass Spectrometry", *J. AOAC Int.*, 103, 1, 2020, pp. 23-39
26. C. Grajeda-Iglesias, "Isolation and Characterization of Anthocyanins from *Hibiscus sabdariffa* Flowers", *J. Nat. Prod. Vol.* 79, 7, 2016, pp. 1709–1718
27. E.M. Wright, "Sugar Absorption", in *Physiology of the gastrointestinal tract* (Elsevier, Inc., 2018). Chapter 46, pp. 1051-1062
28. G.L. Kellet, "Apical GLUT2 A Major Pathway of Intestinal Sugar Absorption", *Diabetes* 54, 2005, pp.3056–3062

PREVALENCIA DE ENTEROBACTERIAS MULTIRRESISTENTES EN PACIENTES CON INSUFICIENCIA VENOSA

Patricia Yazmín Figueroa Chávez ¹ y Judith Ayala García ¹

¹ Facultad de Químico Farmacobiología, UMSNH.
patricia.figueroa@umich.mx

RESUMEN

La insuficiencia venosa crónica (IVC) es un padecimiento prevalente que afecta a un gran número de personas en todo el mundo. Se caracteriza por la dificultad del retorno venoso desde las extremidades inferiores, su incapacidad puede llevar a formar procesos ulcerativos venosos, representando un factor de riesgo importante para el establecimiento de infecciones. Dentro de los microorganismos más comunes que afectan áreas son las enterobacterias, este grupo de microorganismos forman parte de la microbiota intestinal, pero están asociados a tus infecciones venosas, generando además resistencia a los antibióticos ocasionando un grave problema de salud pública. Se realizó un estudio transversal y descriptivo en pacientes con IVC y úlceras varicosas (UV) que asistieron al laboratorio. Se tomaron muestras de las úlceras para la realización de cultivos y pruebas bioquímicas para identificación de enterobacterias, además se realizó el antibiograma para determinar la sensibilidad a los antibióticos. Se recolectaron datos clínicos y demográficos de los pacientes para identificar los probables factores asociados a enterobacterias multirresistentes. Los resultados obtenidos fueron: se obtuvo un total de 45 muestras de pacientes con IVC y UV, al realizar el aislamiento se obtuvo un crecimiento en el 90% de las muestras y solo un 10% negativas, en las pruebas de identificación en el 34% se encontraron enterobacterias, de las cuales las más frecuentemente aisladas fueron en un 68% se aisló *Escherichia coli*, en un 16% se aisló *Klebsiella pneumoniae* y en un 16% *Proteus* spp. de este total de bacterias encontradas la prevalencia de multirresistencia a diferentes antibióticos fue del 50% y las resistencias más comunes son a los betalactámicos y las fluoroquinolonas. Se identificaron factores asociados a la presencia de enterobacterias multirresistentes, como el uso previo de antibióticos y la poca atención que tiene el paciente en la herida. Es importante determinar el tipo de microorganismos que afectan a las IVC y UV, así como la resistencia a diferentes antimicrobianos, dado que si se sigue utilizando los tratamientos con este tipo de antibióticos, las bacterias implicadas no se eliminan y continuarán el proceso infeccioso que es conducente a otra complicación que culminará en amputación de la extremidad. Es crucial implementar medidas de control de infecciones y programas de uso racional de antibióticos en estos pacientes.

INTRODUCCIÓN

Normalmente, las venas tienen válvulas que actúan como compuertas unidireccionales, asegurando que la sangre avance en la dirección correcta⁽¹⁾. En la insuficiencia venosa, estas válvulas pueden debilitarse o dañarse, las venas son como las carreteras que llevan la sangre de regreso al corazón⁽²⁾. La insuficiencia venosa crónica (IVC) ocurre cuando estas carreteras tienen problemas para que la sangre fluya de manera eficiente, lo que provoca que la sangre se acumule en las piernas⁽¹⁾.

La acumulación excesiva de sangre puede causar una variedad de síntomas, desde hinchazón y sensación de pesadez hasta dolor, cambios en la piel e incluso úlceras en casos más avanzados. Es una condición bastante común, especialmente con la edad, el sobrepeso o pasar mucho tiempo de pie o sentado⁽³⁾. Aunado a esto uno de los factores de riesgo importante son el establecimiento de infecciones. Dentro de los microorganismos más comunes que afectan áreas son las enterobacterias⁽⁴⁾, este grupo de microorganismos forman parte de la microbiota intestinal, pero están asociados a infecciones venosas, generando además resistencia a los antibióticos ocasionando un grave problema de Salud Pública⁽⁵⁾.

TEORIA

De las múltiples enfermedades en las venas, se tiene a la IVC, la cual se puede definir como una patología del sistema vascular, su principal característica es la incapacidad funcional adecuada del retorno de la sangre ocasionado por las anormalidades de la pared venosa e incluso de las obstrucciones que pueden tener en el flujo sanguíneo en las venas. Así mismo, la Unión Internacional de Flebología conceptualiza a la IVC como: a todos aquellos cambios producidos en las extremidades inferiores, además dando como resultado de la hipertensión venosa prolongada^(1,2).

Dependiendo la zona afecta de las extremidades, se pueden clasificar a la IVC como:

- Insuficiencia Venosa Superficial: Involucra las venas que están cerca de la superficie de la piel. Las várices son la manifestación más común de este tipo. Estas venas se dilatan y se vuelven tortuosas debido a la presión y al mal funcionamiento de las válvulas^(1,6).
- Insuficiencia Venosa Profunda: Afecta las venas más grandes que se encuentran dentro de los músculos de la pierna. Este tipo puede ser más grave, ya que estas venas son responsables de transportar la mayor parte de la sangre de las piernas de vuelta al corazón. Una causa común de insuficiencia venosa profunda es la trombosis venosa profunda (TVP), un coágulo de sangre que daña las válvulas de la vena^(1,6).

Existen diversas causas y factores que pueden contribuir al desarrollo de la IVC⁽¹⁾:

- Edad.
- Historial familiar.
- Sexo femenino.
- Embarazo.
- Sedentarismo.
- Obesidad.
- Trombosis Venosa Profunda (TVP) previa.
- Estatura alta^(1,7).

Los síntomas de la IVC varían dependiendo la zona de afectación, estos se pueden clasificar desde leves hasta graves y los principales malestares que incluyen son^(1,3,7,8):

- Pesadez, picazón y cansancio en las piernas.
- Hinchazón en tobillos y piernas, a menudo empeora al final del día o después de estar mucho tiempo de pie o sentado.
- Dolor o sensación de ardor en las piernas.
- Calambres musculares, principalmente en la noche.
- Cambios en la piel, como sequedad, engrosamiento, oscurecimiento (hiperpigmentación) alrededor de los tobillos.
- Venas varicosas visibles, que pueden ser abultadas y retorcidas.
- En casos avanzados, pueden aparecer úlceras venosas (llagas) en la piel, generalmente cerca de los tobillos^(1,3,7,8).

El diagnóstico temprano, así como el inicio de las medidas terapéuticas condiciona en gran medida su evolución y la repercusión a largo plazo sobre el paciente. Este se basa principalmente en un examen físico y la descripción de los síntomas. Los médicos pueden realizar algunas pruebas como una Ecografía Doppler, Venografía^(1,4).

Sin embargo, cuando existe una úlcera varicosa que es cuando ya está la lesión en alguna de las extremidades y esta se puede complicar a una infección de la herida^(4,5), teniendo como consecuencia una lesión con un proceso infeccioso, por lo que, el médico especialista solicitará un cultivo de herida.

Es importante mencionar que en las heridas ocasionadas por la ruptura de las venas y en otras úlceras sobre la piel, resulta muy conveniente el crecimiento de bacterias en esta zona lesionada, por ello, es importante realizar una buena toma de muestra para hacer los cultivos microbiológicos correspondientes, dado que pueden estar colonizados por diferentes bacterias que forman parte de la biota de la piel e incluso del sistema gastrointestinal como las enterobacterias^(8,9,10).

El estudio microbiológico resulta muy conveniente para la identificación y confirmación del agente causal en la úlcera, además de indicar cual es el tratamiento preciso y efectivo todo esto por medio del antibiograma que constituye la pauta para la selección del antibiótico para el tratamiento específico de la infección^(5,8,9). Al tener un buen manejo de estas infecciones resulta benéfico ya que se puede evitar la presencia de bacterias multirresistente, el cual es otro problema grave de salud pública, puesto que se limita el uso de los antibióticos en estas lesiones.

PARTE EXPERIMENTAL

El objetivo del trabajo es determinar la prevalencia de enterobacterias multirresistentes en pacientes con insuficiencia venosa.

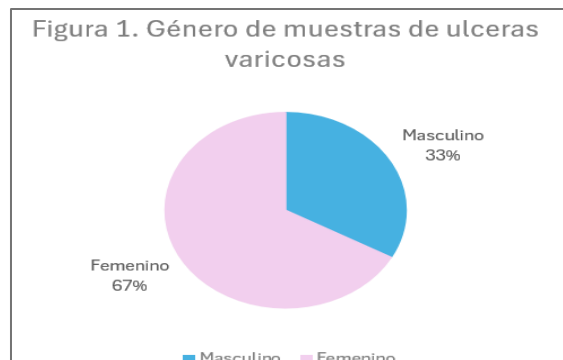
Se realizó un estudio transversal y descriptivo en pacientes con IVC y UV que asistieron al laboratorio privado. Las muestras fueron recolectadas por el personal médico capacitado y con cédula profesional vigente. Se otorgó el consentimiento informado donde se explicó los procedimientos a realizar en el procesamiento de las muestras, además de que se indicó que se garantiza la confidencialidad y protección de los datos y solamente serán utilizados con fines de investigación, las medidas de bioseguridad en el procesamiento de todos los microorganismos procesados siguieron los lineamientos que marcan la Normas Oficiales Mexicanas (NOM), garantizando la seguridad y la calidad. Para el caso de los residuos biológicos procesados, se trabajaron de acuerdo con lo establecido en las NOM aplicables.

La metodología fue: a las muestras de las úlceras se les realizó una serie de cultivos en medios como gelosa sangre, gelosa Mac Conkey, gelosa Sal y manitol, se incubaron durante 24 horas a $36\pm 1^{\circ}\text{C}$, transcurrido el tiempo se realizó tinción Gram y se realizaron las pruebas bioquímicas correspondientes para la identificación de enterobacterias, sobre todo las que crecieron en agar Mac Conkey, una vez que se identificó con género y especie se realizó el antibiograma por la técnica de Kirby Bauer para determinar la sensibilidad a los diferentes antibióticos.

Por último, se recolectaron datos clínicos como: lesión de primera vez o lesión recurrente; género; condiciones de asepsia, uso de antibióticos, hospitalización previa y demográficos como: datos de la vivienda, uso de agua potable de los pacientes para identificar los probables factores asociados a enterobacterias multirresistentes.

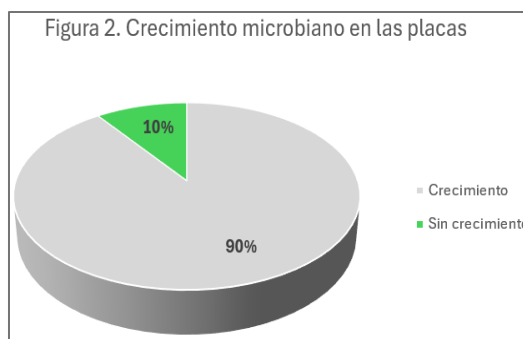
RESULTADOS

Las muestras que se procesaron fueron en un total de 45 con criterios de IVC y UV, de estos el género más afectado fue el femenino ya que en total se recibieron 30 muestras lo que corresponde al 67% y para el caso del género masculino solo el 33%.



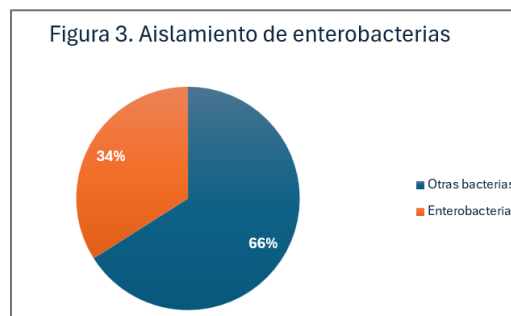
Fuente: Elaboración propia con las muestras procesadas en el Laboratorio Privado.

En el 90% de las 45 muestras procesadas se obtuvo un desarrollo colonial mientras que en el 10% restante los cultivos fueron negativos, es importante destacar que en el estudio microbiológico resulta más sensible para diversas especies bacterianas de importancia médica a excepción de aquellas bacterias que son anaerobias estrictas, por ello, es más fácil la recuperación de bacterias menos exigentes en cuanto a los requerimientos de oxígeno.



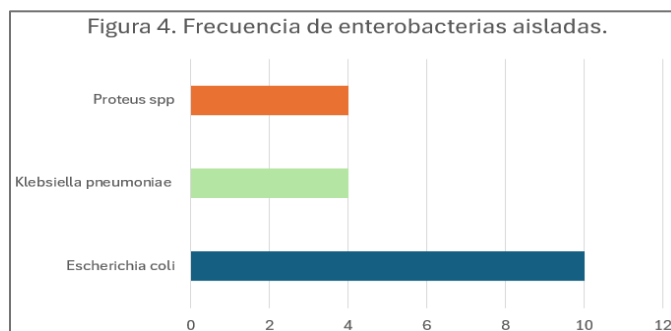
Fuente: Elaboración propia con las muestras procesadas en el Laboratorio Privado.

En la figura 3, se observa que del 90% de las muestras con crecimiento en los diferentes medios de cultivo y de acuerdo con las pruebas para la identificación de género y especie implicados se obtuvieron en un 66% otro tipo de bacterias y en un 34% se encontraron enterobacterias.



Fuente: Elaboración propia con las muestras procesadas en el Laboratorio Privado.

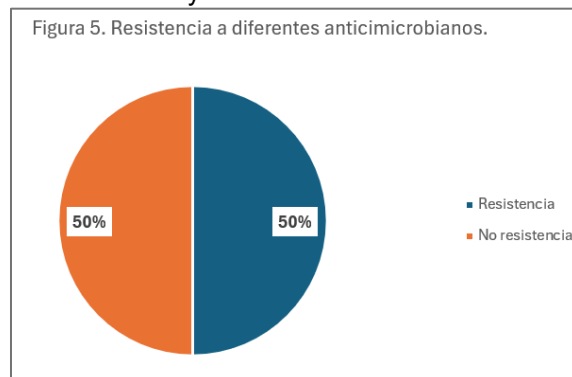
En la figura 4, se observa cuáles fueron las bacterias más frecuentemente aisladas de las muestras de ulcera varicosa, en 14 muestras se aisló *Escherichia coli*, en 4 muestras se aisló *Klebsiella pneumoniae* y también en 4 muestras 16% *Proteus spp*.



Fuente: Elaboración propia con las muestras procesadas en el Laboratorio Privado.

En la figura 5, se observan las diferentes multirresistencias a los diferentes antibióticos, ya que el 50% presenta la resistencia, en la tabla 1, 2 y 3 se observan los resultados del antibiograma a diferentes antimicrobianos.

Figura 5. Resultados de las resistencias y sensibilidades a los antimicrobianos



Fuente: Elaboración propia con las muestras procesadas en el Laboratorio Privado.

Las resistencias a los antimicrobianos se muestran en las tablas 1, 2 y 3, en ellas se observan los antibióticos a los que son resistentes, en este tipo de interpretaciones es de acuerdo a la medición del halo de inhibición del antibiótico y se consultan en unas tablas de referencia y después se realiza la interpretación en este caso algunas cepas de las muestras aisladas fueron sensibles, pero para el caso de intermedio y resistente indica un uso cuidadoso del antibiótico, ya que en las concentraciones no puede ser eficaz además de que muy posiblemente se haga con el tiempo la bacteria resistente y pase de un intermedio a un resistente.

Tabla 1. *Escherichia coli* y antibióticos resistentes

<i>Escherichia coli</i>	Sensible	Intermedio	Resistente	Total
Amoxicilina	3	3	4	10
Cefalexina	4	5	1	10
Ciprofloxacino	7	2	1	10
Levofloxacino	8	1	1	10

Fuente: Elaboración propia de los resultados obtenidos del antibiograma

Tabla 2. *Proteus spp* y antibióticos resistentes.

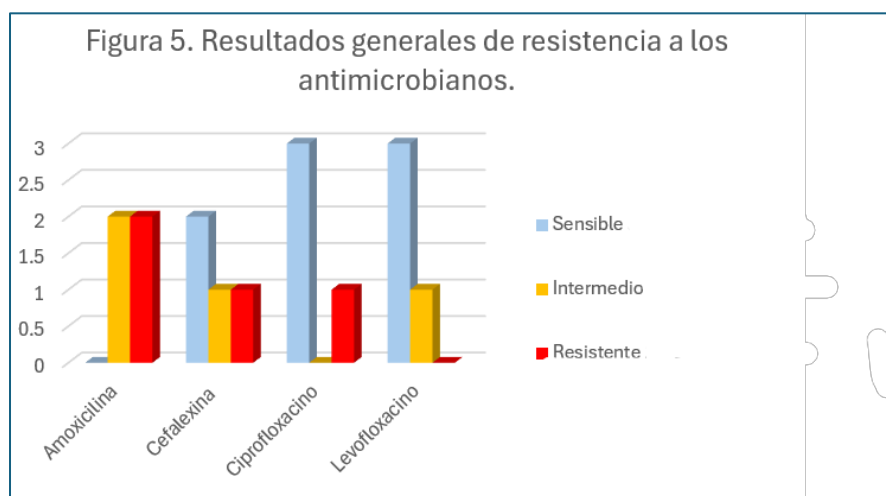
<i>Proteus spp</i>	Sensible	Intermedio	Resistente	Total
Amoxicilina	0	2	2	4
Cefalexina	2	1	1	4
Ciprofloxacino	4	0	0	4
Levofloxacino	3	1	0	4

Fuente: Elaboración propia de los resultados obtenidos del antibiograma

Tabla 3. *Klebsiella pneumoniae* y antibióticos resistentes

<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Sensible	Intermedio	Resistente	Total
Amoxicilina	2	1	1	4
Cefalexina	3	1	0	4
Ciprofloxacino	3	1	0	4
Levofloxacino	4	0	0	4

Fuente: Elaboración propia de los resultados obtenidos del antibiograma



Fuente: Elaboración propia de los resultados obtenidos del antibiograma

Otro aspecto fundamental de relacionar en la hospitalización previa de algunos de los pacientes, dado que en los hospitales administran antibióticos de amplio espectro y al estar presentando de manera recurrente las infecciones, el mal apego al tratamiento, la no adecuada asepsia de la herida es condicionante y ocasionan múltiple resistencia a los antibióticos convencionales.

CONCLUSIONES

Se identificaron factores asociados a la presencia de enterobacterias multirresistentes, como el uso previo de antibióticos y la poca atención que tiene el paciente en la herida, la hospitalización previa y el uso inadecuado de grandes cantidades de antibióticos, además de que se inician tratamientos sin conocer realmente al agente causal. Es importante determinar el tipo de microorganismos que afectan a las IVC y UV, así como la resistencia a diferentes antimicrobianos, dado que si se sigue utilizando los tratamientos con este tipo de antibióticos, las bacterias implicadas no se eliminan y continuarán el proceso infeccioso que es conducente a otra complicación que culminará en amputación de la extremidad. Es crucial implementar medidas de control de infecciones y programas de uso racional de antibióticos en estos pacientes, que los médicos hagan promoción en el cuidado de las heridas, que manden realizar cultivos y sobre todo utilizar antibióticos adecuados acorde a los resultados de cada uno de los pacientes.

BIBLIOGRAFIA

1. Instituto Mexicano del Seguro Social, Dirección de Prestaciones Médicas, Unidad de Atención Médica, Coordinación de Unidades Médicas de Alta Especialidad, División de Excelencia Clínica. Guía de Referencia Rápida Prevención, Diagnóstico y Tratamiento de la Insuficiencia Venosa Crónica. s.f. Recuperado a partir de: <https://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/guiasclinicas/175GRR.pdf>
2. Faringthon Reyes LO, Sosa Veras QA. Insuficiencia venosa crónica y los cambios estructurales en las paredes de las venas. *Revista Médica Sinergia*. 2019;4(2):3-20. Recuperado a partir de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7070449>
3. Astudillo P, Eurgencios H, Jou A, Solar D. Insuficiencia venosa crónica en trabajadores sin factores de riesgo que permanecen horas prolongadas en bipedestación. *Medicina y Seguridad*. 2016; 62 (243) 141-156. Recuperado a partir de: <https://scielo.isciii.es/pdf/mesetra/v62n243/revision1.pdf>
4. Sánchez Ramírez LP, Leonard D, Álvarez López A, Chirino Díaz L, Rodríguez Villalonga L E. Gérmenes bacterianos aislados con frecuencia en úlceras flebotáticas de pacientes ingresados. *Revista Cubana Angiología Cirugía Vascular [Internet]*. 2021: Recuperado a partir de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1682-00372021000100008
5. Matei SC, Dumitru CS, Fakhry AM, Ilijevski N, Pešić S, Petrović J, Crăniceanu ZP, Murariu MS, Olariu S. Bacterial Species Involved in Venous Leg Ulcer Infections and Their Sensitivity to Antibiotherapy-An Alarm Signal Regarding the Seriousness of Chronic Venous Insufficiency C6 Stage and Its Need for Prompt Treatment. *Microorganisms*. 2024 Feb 26;12(3):472. Recuperado a partir de: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10972476/>
6. Archundia GA. *Cirugía 2. Capítulo 6: Insuficiencia venosa y trombosis venosa profunda*. 2013.
7. García AL, Sarralde AJA, Pontón CA. Estudio de la insuficiencia Venosa Crónica. *Cirugía Cardiovascular, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, Santander, España*. 2024. Recuperado a partir de: <https://www.elsevier.es/index.php?p=revista&pRevista=pdf-simple&pii=S1134009624000640&r=358>
8. Patel SK, Surowiec SM. *Venous Insufficiency*. StatPearls Publishing; 2025. Recuperado a partir de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430975/>
9. Reyes-Becerril CL, Santiago-Arreort C. Cultivo en las úlceras del pie diabético infectado. *Rev San Mili*. 2018;54(1):35-8. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/sanmil/sm-2000/sm001g.pdf>
10. Balbuena JO, Madero RG, Gómez TS, Caballero MC, Romero IS, Martínez AR. Microbiología de las infecciones de úlceras por presión y de origen vascular. *Rev Esp Ger Gerontol*. 2015;50(1):5-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.regg.2014.08.001>

EFFECTIVIDAD DE *HIBISCUS SABDARIFFA* Y *CITRULLUS LANATUS* COMO TRATAMIENTO COADYUVANTE DE PACIENTES HIPERTENSOS EN CLÍNICAS DEL EDO. MEX.

Dinora Valadez Díaz, María Maricela Carrasco Yépez, Abisay Villanueva Bailón, Sacdiel Viera Ponce, Hanna Samantha Viera Rosales, Anna Luisa Hernández Salazar

Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México.
dinkmaiden@gmail.com

RESUMEN

En México, la Hipertensión (HTA) está considerada como un problema de salud pública, ya que afecta a poco más de 40 millones de mexicanos¹, pero el verdadero problema es que, se trata de una enfermedad que puede pasar desapercibida, por lo cual se le conoce como “el asesino silencioso” y se estima que el 65.5% de los mexicanos desconocen que padecen esta enfermedad, si a esto sumamos la falta de control y tratamiento, el panorama de los pacientes es catastrófico, porque se vuelven más susceptibles a infartos, accidentes cerebrovasculares e insuficiencia renal crónica. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la efectividad del uso de infusión de *Hibiscus sabdariffa* (flor de Jamaica) y jugo de *Citrullus lanatus* (sandía) como tratamiento coadyuvante en el manejo de la HTA de adultos, para lo cual se solicitó el apoyo de 3 clínicas en donde los pacientes acudían para su control y tratamiento. El diseño de la investigación fue preexperimental, longitudinal, prospectivo, observacional y comparativo, con un enfoque cuantitativo. La muestra incluyó 30 pacientes adultos diagnosticados con HTA, con tratamiento y control médico que acudieron a tres clínicas del Estado de México. Los participantes fueron divididos en dos grupos, de los cuales 17 pertenecieron al Grupo A, quienes consumieron infusión de *Hibiscus sabdariffa* dos veces al día (400 ml) y 13 al Grupo B quienes consumieron jugo de *Citrullus lanatus* (200 ml diarios). Se realizó un monitoreo de presión arterial, para lo que se utilizó un esfigmomanómetro digital calibrado y las mediciones fueron tomadas bajo condiciones controladas durante 2 semanas antes de participar en la investigación, 4 semanas durante el consumo de *Hibiscus sabdariffa* o *Citrullus lanatus* y después del tratamiento durante 1 semana para documentar la efectividad y duración del efecto. Para la evaluación, se realizó un análisis estadístico con Shapiro-Wilk para conocer la distribución de los datos y posteriormente se aplicó una prueba de t de students para muestras relacionadas un nivel de significancia del $p < 0.05$. Los resultados indicaron una reducción significativa en la presión arterial de los participantes, en donde los del Grupo A presentaron una reducción promedio de 6.5 mmHg en la presión sistólica y 4.2 mmHg en la diastólica y en el Grupo B se demostró una disminución de 4.8 mmHg en la presión sistólica y 3.9 mmHg en la diastólica. Por lo que podemos concluir que, *Hibiscus sabdariffa* y *Citrullus lanatus* pueden ser alternativas complementarias viables en el manejo de la hipertensión arterial leve a moderada y su uso regular puede contribuir a la reducción de la presión sanguínea sin efectos secundarios reportados.

INTRODUCCIÓN

La hipertensión arterial (HTA) es una de las enfermedades con mayor prevalencia en el mundo, afectando a millones de personas sin síntomas visibles. Esta condición puede deteriorar gradualmente la salud de quienes la padecen y es frecuentemente atribuida de manera incorrecta a la edad. Sin embargo, minimizarla representa un riesgo para la salud que puede ser grave, según datos recientes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2019, el 32% de las muertes a nivel mundial por enfermedades cardiovasculares y accidentes cerebrovasculares están relacionadas con la hipertensión.¹

Actualmente, México se encuentra entre los países con la mayor prevalencia de esta afección, con más de 40 millones de personas afectadas. Se estima que alrededor del 65% de los pacientes hipertensos en el país no tienen un diagnóstico oportuno o desconocen que la padecen.² Esta enfermedad afecta tanto a zonas urbanas como rurales, sin importar el estado socioeconómico o el género. Además, una baja adherencia al tratamiento aumenta el riesgo de complicaciones como

infartos agudos al miocardio, accidentes cerebrovasculares, e insuficiencia renal crónica. Por ello, es importante enfocarse en prevenir la hipertensión y desarrollar tratamientos accesibles para toda la población mexicana.

La hipertensión no solo representa un desafío numérico en términos de estadísticas, sino una crisis humana que afecta vidas y comunidades. Muchas personas no pueden acceder a tratamientos continuos debido a limitaciones económicas, mientras que otras viven en zonas alejadas sin recursos adecuados para su atención. En este contexto, es fundamental explorar tratamientos complementarios que contribuyan al control de la presión arterial, especialmente en pacientes con prehipertensión o hipertensión leve a moderada. El papel de enfermería, como profesional clave en el sistema de salud, es esencial para abordar esta problemática. Su cercanía con los pacientes les permite educar, orientar y promover estrategias preventivas y complementarias, favoreciendo un control eficaz de la hipertensión. Además, enfermería tiene la capacidad de implementar intervenciones basadas en evidencia que impacten positivamente en la calidad de vida de los pacientes, contribuyendo así a la reducción de las cifras alarmantes de esta condición en México.

TEORÍA

El uso de la herbolaria en México ha sido una herramienta clave en el tratamiento y la prevención de diversas enfermedades a lo largo de la historia. En el caso de la HTA, su aplicación cobra relevancia en la búsqueda de alternativas complementarias a los tratamientos alopáticos, especialmente en contextos sociales en donde el acceso al medicamento es limitado o se busca reducir los efectos secundarios asociados con estos. Estudios recientes han demostrado que ciertas plantas como la flor de jamaica y sandía poseen propiedades hipotensoras, lo que las convierte en un recurso valioso para el manejo de la presión arterial, particularmente en pacientes con hipertensión leve a moderada.

Este enfoque busca generar evidencia sobre alternativas seguras y complementarias para el manejo de la hipertensión, particularmente en entornos de atención primaria, fortaleciendo así la relación entre los saberes tradicionales y la medicina moderna.

Se propone integrar el consumo de la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y la sandía (*Citrullus lanatus*) como una medida primaria en la salud de los mexicanos. *Hibiscus sabdariffa* ha sido objeto de múltiples investigaciones en países como Irán e India, ya que contiene antocianinas, ácido hibisco y otros polifenoles con capacidad para inhibir la enzima convertidora de angiotensina (ECA). Esto es favorable para la salud cardiovascular debido a su capacidad de inhibir la producción de angiotensina II, reduciendo la resistencia vascular y disminuyendo la presión arterial sistólica y diastólica. En un estudio realizado por Herrera-Arellano et al. en el 2007,³ se observó una disminución significativa de la presión arterial sistólica y diastólica tras la administración controlada de extracto acuoso de *H. sabdariffa* a pacientes con hipertensión leve. De igual manera, *Citrullus lanatus* es una fruta rica en L-citrulina, un aminoácido precursor de óxido nítrico (NO), molécula clave para conseguir una vasodilatación en la musculatura lisa vascular y mejorar el flujo sanguíneo. Esto fue evidenciado en el estudio de Figueroa et al. en el 2012,⁴ donde se observó una disminución de la presión sistólica tras seis semanas de intervención con jugo de sandía enriquecido con citrulina.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la efectividad del uso de infusión de *Hibiscus sabdariffa* (flor de Jamaica) y jugo de *Citrullus lanatus* (sandía) como tratamiento coadyuvante en el manejo de la HTA de adultos, teniendo un diseño preexperimental, longitudinal, prospectivo, observacional y comparativo.

PARTE EXPERIMENTAL

Obtención de la flor y fruto

La obtención de la sandía se hizo comercialmente en mercados locales de las comunidades más cercanas a las clínicas, por otro lado, la flor de jamaica se cultivó en el estado de Culiacán, Sinaloa.

Se transporto, se higienizo, se procesó y proporciono a los participantes de la investigación, con la finalidad de estandarizar el consumo y comprobar que este fue ingerido conforme al plan establecido.



Figura 1. Siembra de jamaica



Figura 2. Flor de jamaica

Características de la muestra

Tabla 1. Características de la muestra	
Número de participantes	30
Diagnóstico médico	Hipertensión leve o moderada
Tratamiento farmacológico	Losartán
Edad	56-79 años

Sedes clínicas

Tabla 2. Sedes clínicas	
DIF Bienestar Tenopalco	Av. José María Morelos, San Francisco Tenopalco, Estado de México. 5558784251
DIF Bienestar Melchor Ocampo	Av. 20 de noviembre, Melchor Ocampo, Estado de México. 5558780066
DIF Bienestar Visitación	Calle Flores Magón, Visitación, Estado de México.

Estas sedes fueron seleccionadas por la accesibilidad de la población y la colaboración del personal médico y de enfermería. Las mediciones se realizaron en cada clínica, en coordinación con los horarios de atención a adultos mayores.

Esquema de implementación

La intervención se estructuró en un periodo de 7 semanas, con el objetivo de optimizar su implementación mediante la división del proceso en distintas fases.

	Tabla 3. Calendarización de actividades		
	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Duración	2 semanas	4 semanas	1 semana
Intervenciones clínicas	Medición de la TA (Promedio pre-intervención)	Medición de la TA	Medición de la TA (Promedio post-intervención)
Cambios en el estilo de vida	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Manejo farmacológico	Losartán	Losartán	Losartán
Intervención con Jamaica o Sandía	Ausente	Presente	Ausente

La dosificación del tratamiento coadyuvante con jamaica o sandia fue la siguiente:

Tabla 4. Dosificación de la Jamaica y la sandia		
Grupo	Grupo A	Grupo B
Número de pacientes	17 pacientes	13 pacientes
Tratamiento	<i>Hibiscus sabdariffa</i> 1L de agua por 10 g de cálices secos, sin azúcar	<i>Citrullus lanatus</i> Jugo extraído de pulpa fresca, sin conservadores ni azúcar
Dosis	400 ml	250 ml
Frecuencia	12 hrs	24 hrs

Procedimiento y seguimiento.

Para garantizar la estandarización de la intervención, se capacitó tanto a las participantes como a sus familiares en la correcta preparación de los tratamientos complementarios. Asimismo, el personal de las clínicas recibió formación para integrar estos tratamientos en pequeñas colaciones que se distribuían durante las visitas. Ambos grupos continuaron con su tratamiento médico habitual, el cual no se modificó durante el periodo de estudio. Este enfoque permitió un registro más preciso de la evolución individual y grupal de los valores de presión arterial a lo largo de la investigación.

Registro de los valores obtenidos

Se utilizó una cédula de registro estandarizada donde se anotaron las mediciones de la presión arterial tomadas durante cada evaluación. Estas mediciones se llevaron a cabo siguiendo protocolos establecidos, asegurando la precisión y confiabilidad de los datos. La cédula permitió documentar de manera ordenada y sistemática la evolución de los valores de presión arterial, facilitando el análisis comparativo tanto individual como grupal a lo largo del estudio.

RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 5. Resumen comparativo					
Paciente	Grupo	PAS Semana 1	PAS Semana 5	PAD Semana 1	PAD Semana 5
1	Jamaica	160	132	95	87
2	Jamaica	158	135	94	87
3	Jamaica	162	133	96	86
4	Jamaica	158	132	97	87
5	Jamaica	160	135	95	86
6	Sandia	157	133	96	86
7	Sandia	156	134	98	87
8	Sandia	160	132	97	86
9	Sandia	158	134	96	86
10	Sandia	159	135	96	86

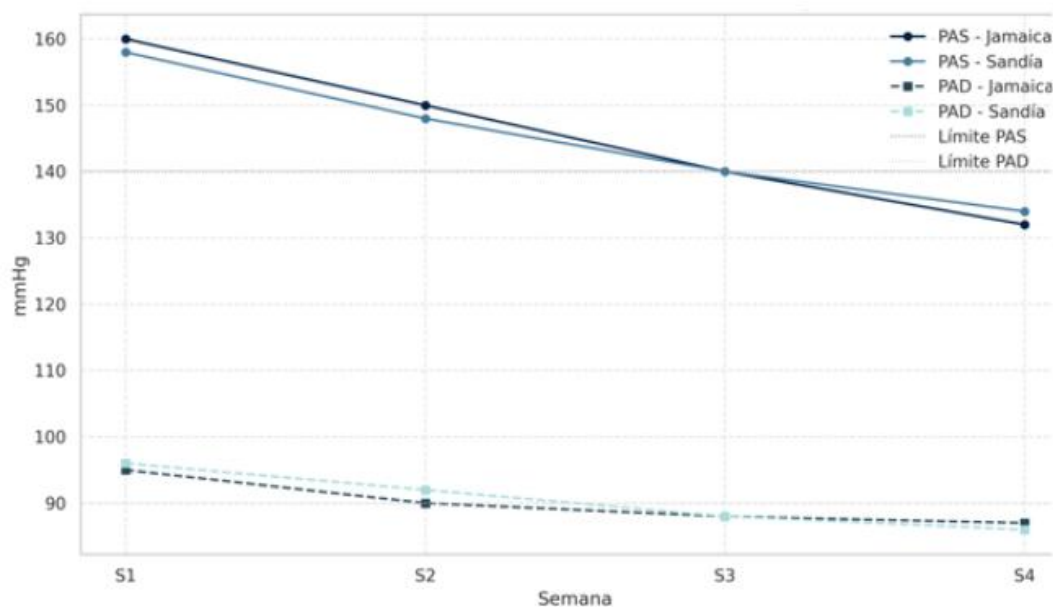


Figura 3. Promedio pre y post presión arterial

Para conocer las diferencias entre el antes y después de los tratamientos se aplicó una prueba de Shapiro-Wilk, la cual reportó datos en la significancia estadística mayores a .05, por lo cual se asume la normalidad de estos.

Tabla 6. t de students para muestras relacionadas			
	t	gl	Sig. (bilateral)
PAS antes - PAS después	35.4	29	.000
	12.9	29	.000

Nota: El nivel de significancia es de .05

Con base a los resultados obtenidos podemos asumir que existen diferencias estadísticamente significativas entre el antes y después de los tratamientos.

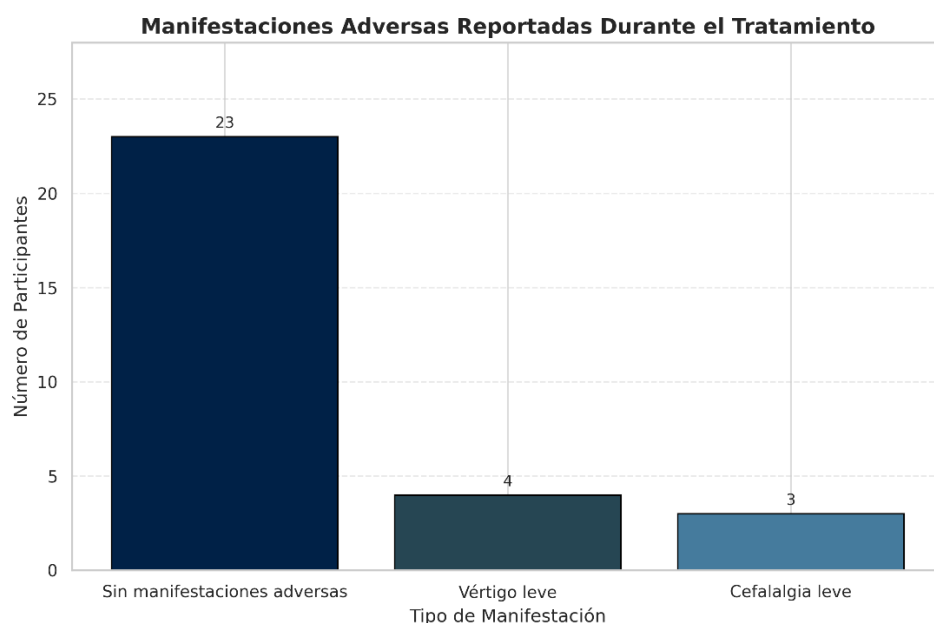


Figura 4. Frecuencia de manifestaciones adversas

Los datos evidencian una disminución en los valores de presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) tanto en el grupo que consumió Hibiscus sabdariffa (Jamaica) como en el grupo que consumió Citrullus lanatus (Sandía). Cabe señalar que la evolución de las cifras para ambos grupos no presentó aumento en la tensión arterial durante el seguimiento del tratamiento, siendo en la tercera semana del tratamiento que se registran cifras en la tensión arterial que se clasifican dentro del rango de la normalidad (<140/90 mmHg), lo cual se mantuvo durante la cuarta y quinta semana.

Para los participantes del grupo A que se sometieron al tratamiento de Hibiscus sabdariffa (Jamaica), se observaron reducciones promedio de 28 mmHg en PAS (de 159.6 mmHg a 131.4 mmHg) y 8 mmHg en PAD (de 95.4 mmHg a 87.4 mmHg). En el grupo B Citrullus lanatus (Sandía), la presión arterial sistólica se redujo en promedio 23.6 mmHg (de 158 mmHg a 134.4 mmHg), y la diastólica en 10 mmHg (de 96.4 mmHg a 86.4 mmHg).

En total, un 28.6% de las participantes reportó efectos secundarios leves, tales como cefalea o mareo transitorio, que no requirieron suspensión del tratamiento natural.

CONCLUSIÓN

Los hallazgos de esta investigación confirman que el uso regular de infusión de Hibiscus sabdariffa y jugo de Citrullus lanatus puede ser una estrategia complementaria eficaz y segura para reducir la presión arterial en pacientes con hipertensión leve a moderada. Ambos tratamientos mostraron efectos clínicamente relevantes, sostenidos y bien tolerados por la mayoría de los participantes

Más allá de su efecto fisiológico, estas intervenciones fortalecen el vínculo entre el conocimiento tradicional y la medicina basada en evidencia, ofreciendo una alternativa accesible, culturalmente aceptada y de bajo costo en el primer nivel de atención. Esto refuerza la importancia de integrar opciones terapéuticas naturales en contextos comunitarios donde la adherencia al tratamiento convencional puede verse limitada por factores económicos o socioculturales.

BIBLIOGRAFÍA

1. World Health Organization. Cardiovascular diseases (CVDs) [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2019 [cited 2025 May 30]. Available from: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
2. Instituto Nacional de Salud Pública (INSP). Prevalencia, tratamiento y control de la hipertensión arterial en adultos mexicanos: ENSANUT 2022. *Salud Pública de México*. 2023. Disponible en: <https://ensanut.insp.mx>
3. Herrera-Arellano A, Miranda-Sánchez J, Avila-Castro P, Herrera-Alvarez S, Jiménez-Ferrer E, Zamilpa A, et al. *Clinical effects produced by a standardized herbal medicinal product of Hibiscus sabdariffa on patients with hypertension. A randomized, double-blind, lisinopril-controlled clinical trial.* Planta Med. 2007 Jan;73(1):6-12. doi: 10.1055/s-2006-957065. PMID: 17265296
4. Figueroa A, Sanchez-Gonzalez MA, Wong A, Arjmandi BH. Watermelon extract supplementation reduces ankle blood pressure and carotid augmentation index in obese adults with prehypertension or hypertension. *Am J Hypertens*. 2012 Jun;25(6):640-3. doi: 10.1038/ajh.2012.20.

EFFECTO DE LA CARGA ACADEMICA EN EL IMC E ICC DE LOS ESTUDIANTES DE PREPARATORIA EN ZACATECAS

Cristina Sarai Contreras Martínez¹, Aida Margarita Rodriguez Rodriguez², Jose Carranza Tellez³, Juan Manuel Garcia Gonzalez⁴, Laura Gisela Ramos Muñoz⁵, Rosalinda Gutierrez Hernandez⁶ Y Jose Carranza Concha⁷

Programa Académico de Nutrición. Universidad Autónoma de Zacatecas. Carretera a Guadalajara, Km 6. Ejido la Escondida. Zacatecas, Zac. CP.98160
sarai.contreras.mar@uaz.edu.mx

RESUMEN

La transición de la etapa de secundaria a la preparatoria, es un proceso de diversos cambios, en donde también las emociones se ven afectadas. Puede abarcar desde el rendimiento académico, la forma de relacionarse con los compañeros, comienzan a tener expectativas más altas, atraviesan por un proceso de maduración personal o incluso aspectos que directamente afectan la salud física o mental. Los estudiantes con una carga académica alta, son más propensos al sedentarismo debido a la cantidad de horas que llegan a pasar sentados debido a estas actividades, esto puede contribuir al aumento del índice de masa corporal (IMC) e índice cintura cadera (ICC), y por ende, a una mayor prevalencia de sobrepeso u obesidad y a un impacto en su salud cardiovascular. Así mismo, el estado nutricional está condicionado por el comportamiento alimentario, que a su vez está influenciado por factores como el estrés, en donde se considera a los jóvenes estudiantes como un grupo especialmente vulnerable. Dentro de esta investigación se tiene como objetivo principal, determinar el efecto de la carga académica en el índice de masa corporal (IMC) e índice cintura cadera (ICC) de los estudiantes de preparatoria de Zacatecas. Se calculó una muestra de 41 estudiantes (nivel de confianza del 95% y margen de error del 5%), se aplicó una encuesta con 16 ítems que abarcó rubros de estrés académico, hábitos alimenticios, índice de masa corporal e índice cintura cadera. Para el análisis de los datos se empleó Microsoft Excel y el paquete estadístico SPSSV.22.0. Dentro de los resultados de índice de masa corporal (IMC) se encontró que un 22% de la población presenta sobrepeso y que un 5% se encuentra en obesidad grado I y II, es importante resaltar que un 15% presenta un diagnóstico de IMC de bajo peso. En relación al diagnóstico de índice cintura cadera (ICC) enfocado a riesgo cardiovascular, un 62% de la población encuestada presenta un riesgo bajo, seguido de un 33% con un riesgo moderado y un 5% con un riesgo alto. La mitad de esta población refieren tener en un nivel medio de estrés, el 75% de las y los estudiantes lo atribuyen a su estadía escolar y mayores exigencias académicas. La carga académica dentro de las instituciones y el estado nutricional deben considerarse de manera integral con la finalidad de promover una educación saludable. Es fundamental que las instituciones educativas implementen intervenciones basadas en políticas públicas considerando métodos que coadyuven al manejo del estrés de manera oportuna y efectiva, además de proporcionar orientación alimentaria y estrategias para equilibrar su vida académica con hábitos saludables.

INTRODUCCIÓN

El estrés es un proceso que desencadena diversas respuestas fisiológicas, las cuales pueden afectar múltiples sistemas del organismo, incluyendo el cardiovascular, muscular, digestivo y respiratorio. Asimismo, puede provocar trastornos del sueño y generar alteraciones conductuales y emocionales, manifestándose frecuentemente en cambios en el apetito y en los niveles de ansiedad (Silva-Ramos et al., 2022). Este fenómeno puede presentarse en distintos contextos, abarcando ámbitos sociales, laborales, profesionales, académicos y formativos.

Actualmente, el término estrés se ha convertido en un vocablo habitual de nuestra sociedad, en consecuencia, de interés común, estableciéndose como uno de los temas más estudiados, ya sea como causa o por efecto de ciertas enfermedades (Chávez-Mendoza *et al.*, 2021).

Cada vez es más frecuente la aparición de casos de estrés en instituciones educativas de distintos niveles, cuyo impacto puede reflejarse en el rendimiento académico, en las relaciones interpersonales entre los estudiantes e incluso en aspectos que afectan directamente la salud física y mental.

Diferentes investigaciones especifican que las fuentes de estrés en los estudiantes dependen de varios factores como el estado de salud, ansiedad, problemas económicos, etc., igualmente los aspectos académicos como la carga de trabajo, plan curricular, tiempo que dedican a la preparación de clases en detrimento de las actividades de esparcimiento (Espinosa-Castro *et al.*, 2020).

Como menciona Romero- Pereira (2023), el estado nutricional está condicionado por el comportamiento alimentario, mismo que está influenciado por factores como el estrés, consideramos a los jóvenes estudiantes como un grupo especialmente vulnerable al cambio de su estado nutricional. Es fundamental resaltar lo que menciona Hernández- Rodríguez *et al.*, (2018), que los adolescentes con sobrepeso y obesidad mostraron una mayor prevalencia de síntomas de ansiedad y depresión de intensidad moderada, en comparación con aquellos que presentaban un estado nutricional considerado dentro de los parámetros normales. Esta asociación sugiere que el estado nutricional no solo influye en la salud física, sino que también puede estar estrechamente vinculado al bienestar psicológico y emocional en esta etapa del desarrollo. Factores como la baja autoestima, la discriminación por peso, la presión social y la imagen corporal negativa podrían contribuir al aumento de estos trastornos mentales entre adolescentes con exceso de peso. Por todo lo anterior, esta investigación tiene como principal objetivo determinar el efecto de la carga académica en el IMC e ICC de los estudiantes de preparatoria en Zacatecas.

TEORÍA

Adolescencia

La adolescencia se entiende como una etapa de transición entre la niñez y la edad adulta, caracterizada por cambios significativos en los ámbitos biológico, psicológico y social. Este periodo, que generalmente abarca desde los 10 hasta los 19 años según la Organización Mundial de la Salud (OMS), es fundamental para el desarrollo de competencias cognitivas, emocionales y sociales que influirán en el desempeño académico y en la construcción de la identidad del estudiante.

La adolescencia es una etapa de transición entre la niñez y la edad adulta, caracterizada por cambios significativos en los ámbitos biológico, psicológico y social. Este periodo es fundamental para el desarrollo de competencias cognitivas, emocionales y sociales que influirán en el desempeño académico y en la construcción de la identidad del estudiante.

La adolescencia es un periodo de desarrollo biológico, psicológico, sexual y social inmediatamente posterior a la niñez y que comienza con la pubertad. Es un periodo vital entre la pubertad y la edad adulta, su rango de duración varía según las diferentes fuentes y opiniones médicas, científicas y psicológicas, generalmente se enmarca su inicio a los 13 años, y su finalización a los 21 años de edad. La Organización Mundial de la Salud considera la adolescencia como el período comprendido entre los 10 a 19 años, dentro del periodo que considera ella como juventud entre los 10 y 24 años. Para la OMS la adolescencia inicial que es la primera fase es desde los 10 años hasta los 13 años, la segunda fase es desde los 14 años hasta los 16 años y la adolescencia tardía tiene lugar entre los 17 y 19 años.

En el ámbito educativo, comprender las características y necesidades de los adolescentes es esencial para diseñar estrategias pedagógicas que favorezcan su aprendizaje y bienestar. El entorno escolar debe ofrecer un espacio seguro y estimulante que promueva el desarrollo integral del estudiante, considerando su contexto social y cultural

Estrés.

El estrés ha sido estudiado por diversos autores. A mediados del siglo XX, Walter Bradford Cannon definió el estrés desde dos perspectivas: como estímulo y como respuesta (Alfonso Águila *et al.*, 2015). Posteriormente, Hans Selye (1936) amplió esta teoría al reconocer que no solo los agentes físicos dañinos generan estrés, sino también las demandas sociales y las amenazas del entorno, que exigen adaptación, pueden desencadenarlo. Esto implica una respuesta negativa que produce un desequilibrio debido a las discrepancias entre la presión y la capacidad para enfrentarla (Silva-Ramos *et al* 2020). En la actualidad, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023), define el estrés como un estado de inquietud o tensión mental provocado por situaciones difíciles; así mismo reconoce que el estrés es una experiencia común en todas las personas, ya que constituye una respuesta natural ante estímulos amenazantes, los cuales pueden afectar negativamente el bienestar dependiendo de cómo se gestionan.

El estrés excesivo o crónico desencadena una variedad de respuestas en el organismo. A nivel cognitivo, estimula pensamientos negativos, miedo, deterioro del desempeño, tendencia a polemizar y aislamiento. A nivel fisiológico, principalmente afecta el eje hipotálamo-pituitario-adrenal, que libera la hormona catabólica cortisol, activando la división simpática del sistema nervioso autónomo. Esto puede resultar en dolores de cabeza, enfermedades en la piel, dolores musculares, aumento de la frecuencia cardíaca, transpiración, tensión muscular, trastornos del sueño, fatiga crónica y problemas de digestión.

La OMS (2023) advierte que el estrés excesivo puede desencadenar o agravar problemas de salud mental, como ansiedad o depresión, que requieren atención médica. Además, afecta negativamente el rendimiento educativo o laboral, dejando a quienes lo padecen vulnerables a otras enfermedades, existen estudios que han explorado la relación entre el estrés y el sobrepeso u obesidad, debido a que a nivel mundial se reporta que más de 1900 millones de adultos sufren sobrepeso, con más de 650 millones siendo obesos (OMS, 2024).

La evidencia que vincula el estrés académico con los hábitos de salud y bienestar en estudiantes ha proporcionado una perspectiva inicial sobre la relación entre el estrés y el Índice de Masa Corporal (IMC) (Urbanetto *et al.*, 2019). No obstante, como menciona Caso (2020), aún es necesario profundizar en el papel que desempeñan las estrategias individuales de afrontamiento dentro de esta dinámica.

Las universidades deben realizar un diagnóstico que oriente la implementación de estrategias para mejorar los estilos de vida (Herazo *et al.*, 2020). Es crucial enfocarse en la salud mental y física de los estudiantes, proporcionando herramientas para manejar el estrés académico, promoviendo hábitos de vida saludables y fomentando la actividad física en la vida cotidiana.

Índice de Masa Corporal

El índice de masa corporal, es el indicador más utilizado en la definición y evaluación de la obesidad (Baile, 2013). En 1969 el autor belga Quetelet, propuso el índice de masa corporal como medida para valorar el exceso de peso corporal. Se calcula dividiendo el peso de la persona en kilos por su talla en metros, elevado al cuadrado. Ya en 1983 fue recomendado por el Royal College británico y desde 1988 lo adoptó la OMS, en 1987 Bray a partir de los datos de estudios prospectivos observó que la mortalidad se incrementa a partir de un IMC de 25 kg/m². En otros estudios epidemiológicos han confirmado la relación entre el IMC y el riesgo de enfermedad cardiovascular y diabetes Mellitus tipo 2.

Tabla1. Clasificación del IMC (OMS,2025)

IMC	Estado
Por debajo de 18,5	Bajo peso
18,5–24,9	Peso normal
25,0–29,9	Pre-obesidad o Sobrepeso
30,0–34,9	Obesidad clase I
35,0–39,9	Obesidad clase II
Por encima de 40	Obesidad clase III

Índice Cintura-Cadera

El índice cintura-cadera es la relación que resulta de dividir el perímetro de la cintura de una persona por el perímetro de su cadera, ambos valores en centímetros (cm). Los estudios indican que una relación entre cintura y cadera superior a 0.94 varones y a 0.84 en mujeres, está asociada a un aumento en la probabilidad de contraer diversas enfermedades (diabetes mellitus, enfermedades coronarias, tensión arterial, entre otras). El índice se obtiene midiendo el perímetro de la cintura a la altura de la última costilla flotante (aproximadamente dos dedos por encima del ombligo), y el perímetro máximo de la cadera, a nivel de los glúteos. Es un método indirecto que sirve para determinar la distribución de la grasa abdominal. Un ICC elevado conlleva un riesgo cardiovascular con una consecuente limitación en la calidad de vida y una disminución de la esperanza de vida. Algunos estudios sugieren que la circunferencia de la cintura (CC), predice mejor el riesgo de síndrome metabólico que el índice cintura cadera (ICC). Sin embargo, la CC puede sobreestimar o subestimar el riesgo al no tener en cuenta la altura de los individuos. Estos umbrales indican una distribución de grasa tipo androide (forma de manzana), que se asocia con mayor riesgo cardiovascular. Por el contrario, un ICC más bajo sugiere una distribución tipo ginecoide (forma de pera), considerada menos riesgosa (Revista de ciencias médicas, 2022).

Tabla 2. Índice Cintura- Cadera (OMS,2008) actualizado (Tadesse & Assefa, 2023)

Sexo	ICC Bajo Riesgo	ICC Riesgo Moderado	ICC Alto Riesgo
Hombres	< 0.90	0.90 – 0.94	> 0.94
Mujeres	< 0.80	0.80 – 0.84	> 0.84

Tabla 3. Índice Cintura Cadera y distribución de grasa (OMS,2008) actualizado (Tadesse & Assefa, 2023)

Sexo	Tipo de grasa	ICC	Riesgo
Hombres	Ginecoide	< 0.90	Bajo
Hombres	Androide	≥ 0.90	Alto
Mujeres	Ginecoide	< 0.85	Bajo
Mujeres	Androide	≥ 0.85	Alto

La vida académica representa un punto de inflexión significativo en la trayectoria de los estudiantes, ya que factores como las exigencias escolares, el tiempo dedicado al estudio y el estrés asociado pueden influir negativamente en sus hábitos alimenticios y reducir la actividad física. Este cambio en el estilo de vida puede contribuir al aumento de la grasa corporal y, en consecuencia, al desarrollo

de sobrepeso y obesidad, condiciones que incrementan el riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles, como diabetes tipo 2, hipertensión y dislipidemias (UNAM,2022)

Estudios recientes han evidenciado que, en estudiantes universitarios, la transición a la vida académica se asocia con una disminución en la frecuencia y duración de la actividad física, así como con una alimentación menos equilibrada, lo que favorece el aumento de peso. Además, el entorno universitario, caracterizado por horarios irregulares y disponibilidad limitada de alimentos saludables, puede dificultar la adopción de hábitos saludables (Rivas *et al.*, 2021)

Por lo tanto, es fundamental implementar estrategias que promuevan estilos de vida saludables entre los estudiantes, incluyendo la educación nutricional, el fomento de la actividad física y la creación de entornos que faciliten el acceso a opciones alimenticias saludables, con el objetivo de prevenir el sobrepeso y la obesidad y sus consecuencias asociadas (Rivera & Sánchez, 2023)

PARTE EXPERIMENTAL

Tipo de estudio: Observacional, descriptivo y transversal

Muestra: 41 estudiantes

Nivel de confianza 95%, *margen de error* del 5%

Criterios de inclusión:

Estudiantes de segundo y cuarto semestre de preparatoria

Estudiantes inscritos de manera regular

Criterios de exclusión:

Estudiantes de primero o sexto semestre de preparatoria

Estudiantes que no estén inscritos de manera regular

Se utilizó una encuesta (elaboración propia), la cual se aplicó previamente en una prueba piloto para garantizar que los ítems fueran claros para la población, contó con 16 ítems que abarcó rubros de estrés académico, hábitos alimenticios y estado nutricional. Se envió de manera directa a través de *Whats App* el enlace de la encuesta:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScnKJhEsyQ777iwjyIFo4cHOulfJpEX94TRvula4OzTfFA> de Google Forms a la población, adjuntando el documento de consentimiento informado para participar en este estudio.

Para la obtención de las medidas antropométricas (peso en Kg, talla en metros, circunferencia de cintura y cadera en centímetros) se utilizó una báscula marca *tanita*, un estadímetro portátil marca *seca* y una cinta métrica marca *lufkin*.

La medición de los parámetros antropométricos se realizó de la siguiente manera:

Peso:

La medición de peso, se realizó con la menor ropa posible y sin zapatos. Se solicitó al sujeto que subiera a la báscula colocando los pies paralelos en el centro, de frente al examinador, con la postura erguida, la vista hacia el frente, sin moverse y con los brazos a los lados de manera natural.

Se registró el peso que aparece en la pantalla.

Se realizó por triplicado.

Talla:

Se instaló el estadímetro portátil (se consideró pared y piso liso, sin zoclo y/o desnivel)

Se colocaron los pies centrados en la base del estadímetro y la persona debajo del estadímetro de espalda a la pared con la mirada al frente, sobre una línea imaginaria vertical que divida al cuerpo en dos hemisferios.

Se aseguró que la cabeza, espalda, pantorrillas, talones y glúteos estuvieran en contacto con la estadímetro y sus brazos a lado del cuerpo con caída natural.

Se acomodó la cabeza en posición recta y se trazó una línea imaginaria (Plano de Frankfort) que va del orificio del oído a la base de la órbita del ojo (esta línea debe ser paralela a la base del estadímetro y formar un ángulo recto con respecto la pared)

Se realizó por triplicado.

Circunferencia Cintura

Se trazó una línea imaginaria que partió del hueco de la axila hasta la cresta iliaca. Sobre ésta, se identificó el punto medio entre la última costilla y la parte superior de la cresta iliaca (cadera).

Se realizó por triplicado.

Circunferencia Cadera

Se realizó la medición con el sujeto relajado y descubriendo la parte que comprende la cadera para palpar los trocánteres mayores de la cabeza del fémur. Cuando se localizaron los trocánteres, se midió con la cinta métrica sin comprimir alrededor de estos, en su circunferencia máxima.

Se realizó por triplicado.

Análisis de datos

Para el análisis de los datos se empleó Microsoft Excel y el paquete estadístico SPSSV.22.0.

RESULTADOS

En la población encuesta, 41 estudiantes de preparatoria, se tuvo una distribución de 58.5% de encuestas pertenecientes al género femenino y 41.5% para el género masculino.

En cuanto a los resultados relacionados con la presencia de estrés en los estudiantes la *Figura 1* muestra los porcentajes de estrés en función de su severidad dentro de las actividades académicas (siendo el valor 1 la menor escala de estrés, el valor 2 moderada escala de estrés, y 3 como nivel máximo de estrés). Se aprecia que la mitad de la población participante está en nivel medio de estrés, lo que no debería minimizarse, sino que debería atenderse para no dejar que escale a un mayor nivel. Además, es necesario identificar el factor principal de este fenómeno, a pesar de que es bien sabido que el estrés puede ser multifactorial.

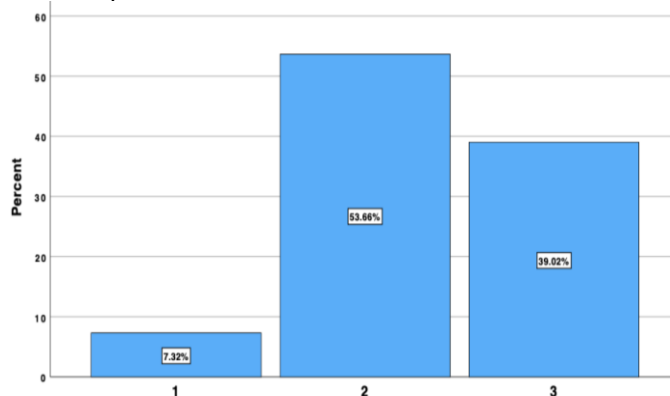


Figura 1. Escala de estrés en actividades académicas. Elaboración propia.

La *Figura 2*, muestra que tres cuartas partes de la población encuestada atribuye el desarrollo de estrés a su estadía escolar, en este caso nivel preparatoria. Esto puede deberse al aumento en la exigencia académica por el nivel mayor de escolaridad, así como al cambio del círculo social entre otros factores.

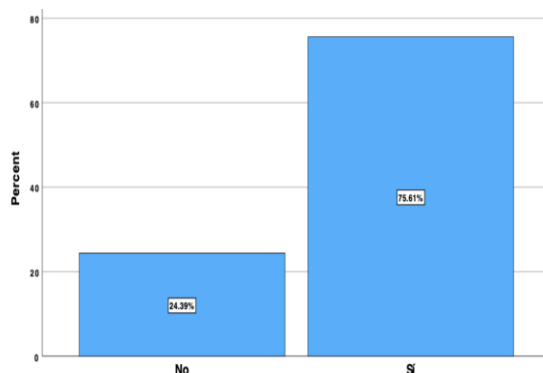


Figura 2. Porcentaje de estudiantes que atribuyen el desarrollo de estrés por efecto de las exigencias académicas. Elaboración propia.

Entre los parámetros evaluados en el ámbito nutricional se incluyó el Índice Cintura-Cadera (ICC), herramienta ampliamente utilizada para estimar la distribución de grasa corporal, particularmente la acumulación de tejido adiposo a nivel abdominal. De acuerdo con los datos presentados en la *Figura 3*, el 68% de los participantes mostró una distribución de grasa corporal mixta, el 25% presentó una distribución de tipo androide y el 7% una distribución ginecoide. Es relevante señalar que la distribución androide, caracterizada por la acumulación central de grasa, se ha asociado en la literatura con un mayor riesgo de desarrollar complicaciones metabólicas, incluyendo resistencia a la insulina, dislipidemias y enfermedades cardiovasculares."

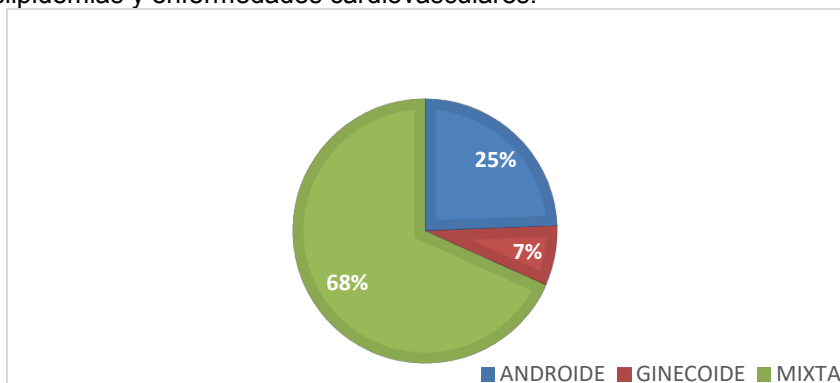


Figura 3. Distribución de grasa corporal en estudiantes de preparatoria. Elaboración propia.

Asimismo, en la *Figura 4*, se presentaron los siguientes resultados con base en el Índice de Cintura-Cadera (ICC) y el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares: el 62% de la población evaluada presenta un riesgo bajo, el 33% un riesgo moderado y únicamente el 5% presenta un riesgo alto.

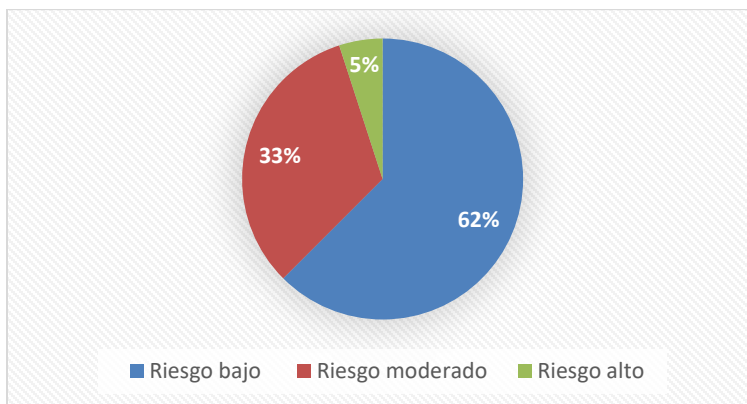


Figura 4. Diagnóstico de índice cintura- cadera en estudiantes de preparatorio. Elaboración propia.

Por otro lado, los resultados de la *figura 5*, arrojaron que dentro de la evaluación del IMC, el 51% se encuentra dentro del rango normal, cabe resaltar que en la población encuestada el 22% se encuentra con presencia de sobrepeso y un 15% en bajo peso, es fundamental resaltar estos extremos de la malnutrición y valorar en esta población la selección de los alimentos y con ello el aporte de nutrientes.

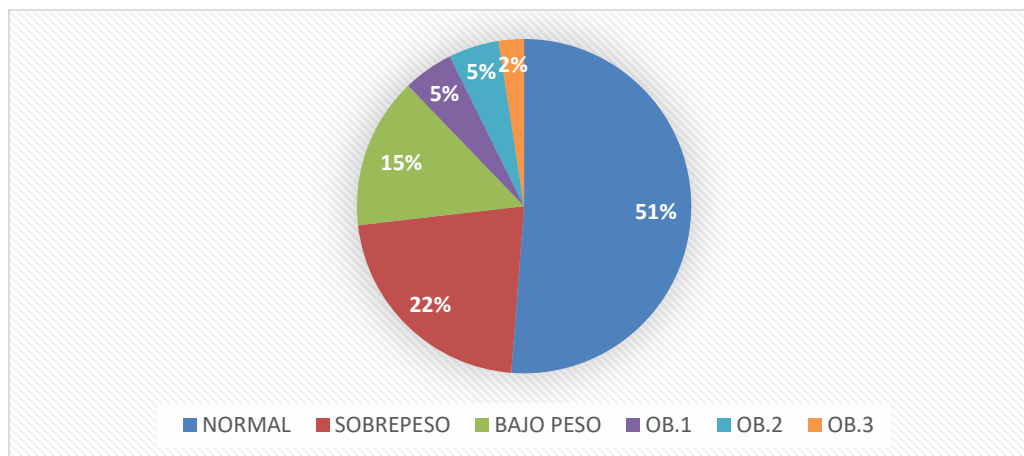


Figura 5. Índice de Masa Corporal en estudiante de preparatoria. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Se evidencia una influencia directa y significativa del estrés académico sobre el estado nutricional de los estudiantes. En este contexto, resulta fundamental diseñar e implementar intervenciones institucionales basadas en enfoques multidisciplinarios que permitan un manejo oportuno, efectivo y sostenido del estrés. Esta necesidad se sustenta en los hallazgos obtenidos, que indican que aproximadamente el 50 % de la población encuestada presenta niveles moderados de estrés, condición que puede afectar negativamente sus hábitos alimentarios y, en consecuencia, su estado nutricional.

Por lo tanto, es indispensable que las instituciones educativas incorporen programas integrales que contemplen tanto el apoyo psicológico como la orientación nutricional, con el objetivo de promover el bienestar integral del estudiantado. En particular, se debe enfatizar la importancia de la educación alimentaria para la adopción de hábitos saludables, dado que el 25 % de los estudiantes presenta distribución de grasa androide. Esta condición está asociada a una mayor prevalencia de enfermedades cardiovasculares (como cardiopatías y accidentes cerebrovasculares), trastornos metabólicos (incluyendo diabetes mellitus tipo II, dislipidemias, hiperuricemia y síndrome metabólico), alteraciones del aparato locomotor, hígado graso no alcohólico, y ciertos tipos de neoplasias malignas (endométricas, mamarias, ováricas, prostáticas, hepáticas, de vesícula biliar, renales y colorrectales), entre otras (Hernández, 2018).

Asimismo, es relevante destacar que el 22 % de la población evaluada presenta sobrepeso según su índice de masa corporal (IMC). Por ello, es imperativo que las instituciones educativas implementen intervenciones fundamentadas en marcos normativos y políticas públicas, incorporando metodologías validadas para la gestión eficaz y oportuna del estrés psicológico y académico. De igual forma, deben promover programas de asesoramiento nutricional y el desarrollo de estrategias psicoeducativas que contribuyan a optimizar el equilibrio entre la carga académica y la adopción de estilos de vida saludables.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso Águila, B., Calcines Castillo, M., Monteagudo de la Guardia, R., & Nieves Achon, Z. (2015). Estrés académico: Revisión bibliográfica 2005–2015. *EDUMECENTRO*, 7(1), 1–13. <https://revedumecentro.sld.cu/index.php/edumc/article/view/530>
- Ángeles-Rodríguez, Y., Vilchis-Chaparro, E., Polaco-de la Vega, T., & Maravillas-Estrada, A. (2023). Trastorno de ansiedad y depresión en adolescentes y su asociación con el estado nutricional. *Atención Familiar*, 25(1), 30–34. <https://doi.org/10.22201/fm.14058871p.2024.187141>
- Caso, D., Miriam, C., Rosa, F., & Mark, C. (2020). Alimentación no saludable y estrés académico: el efecto moderador del estilo de alimentación y el IMC. *Psicología de la Salud Abierta*, 7(2). <https://doi.org/10.1016/j.pssa.2020.100014>
- Chávez-Mendoza, K.G., Camino-Belizario, M.A., Calle Rojas, C.M., Villalba-Condori, K.O., Vinelli-Arzuabiga, D., Mejía, C.R. (2021). Asociación entre estado nutricional, estilo de vida y estrés académico en estudiantes universitarios. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. Vol.41.No.4. <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/177>.
- Espinosa-Castro, J-F., Hernández-Lalinde, J., Rodríguez, J., Chacín, M., Bermudez-Pirela, V., (2020). Influencia del estrés sobre el rendimiento académico. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*. Vol. 39. No.1. <https://www.redalyc.org/journal/559/55969798011/55969798011.pdf>.
- Gaceta UNAM. (2022, 3 de octubre). *El estilo de vida, factor determinante para desarrollar obesidad*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.gaceta.unam.mx/el-estilo-de-vida-factor-determinante-para-desarrollar-obesidad/>
- Herazo Beltrán, Y., Núñez-Bravo, N., Sánchez-Guette, L., Vásquez-Orsorio, F., Lozano-Ariza, A., Torres-Herrera, E., & Valdelamar-Villegas, A. (2020). Estilos de vida relacionados con la salud en estudiantes universitarios. *Retos: Nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 38, 547–551. <https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.72871>
- Hernández Rodríguez, J., Moncada Espinal O.M., Arnold Domínguez, Y. (2018). Utilidad del índice cintura/cadera en la detección del riesgo cardiometabólico en individuos con sobrepeso y obesos. *Revista Cubana de Endocrinología*. Vol.29. No.2. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-29532018000200007
- Organización Mundial de la Salud. (s.f.). Adolescencia: Período de la vida humana que sigue a la niñez y precede a la juventud. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/adolescents-health-risks-and-solutions>
- Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río. (2022). *Relación entre índice cintura cadera y riesgo cardiovascular en adultos*. <https://revcmpinar.sld.cu/index.php/publicaciones/article/view/5438/4776>
- Rivas, C. M., Pérez, A. R., & Guzmán, M. L. (2021). *Estilos de vida y su relación con la obesidad en estudiantes universitarios*. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 24(2), 1–17. <https://revistas.unam.mx/index.php/psic/article/view/80504>
- Rivera, M. D., & Sánchez, L. C. (2023). *Factores asociados al sobrepeso y obesidad en estudiantes universitarios: Un enfoque desde los hábitos alimentarios y la actividad física*. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 25(1), 1–14. <https://revistas.unam.mx/index.php/psic/article/view/89453>
- Romero-Pereira, M.P., Serna, S.M., Ferreira, M., Almirón, L.M. (2023). Estado Nutricional y estrés académico en jóvenes universitarios de la Facultad de Medicina-UNNE. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica*. Vol.7.No.1. <https://revista.espy.cloud/rict/article/view/174>.
- Selye, H. (1936). A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature*, 138(3479), 32. <https://doi.org/10.1038/138032a0>
- Silvia-Ramos, M.F., López Cocotle, J.J., Mesa-Zamora, M.E. (2019). Estrés académico en estudiantes universitarios. *Investigación y Ciencia*. Vol.28. No.79, pp.75-83. <https://www.redalyc.org/journal/674/67462875008/html/>
- Tadesse, A. W., & Assefa, N. A. (2023). Body composition-derived abdominal circumference, waist-to-hip ratio, and waist-to-height ratio cut-offs for Ethiopian adults in Northwest Ethiopia. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 42(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s41043-024-00678-1>
- Urbanetto, J. M., Souza, M. A., & Silva, M. A. (2019). Asociación entre estrés académico, composición corporal, actividad física y habilidad emocional en mujeres universitarias. *MHSalud*, 17(2), 1–27. <https://doi.org/10.15359/mhs.17-2.5>

World Health Organization. (2008). *Waist circumference and waist–hip ratio: Report of a WHO expert consultation, Geneva, 8–11 December 2008*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241501491>

IDENTIFICACIÓN DEL ESTATUS PROLIFERATIVO EN SUBPOBLACIONES DE LÍNEAS CELULARES CANCEROSAS HUMANAS BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS NUTRICIONAL

Miroslava Ramírez Gutiérrez, Damaris Yahaira Martínez Maldonado, Ana Edith Higareda Mendoza, Marco Aurelio Pardo Galván.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
mapardo@umich.mx

RESUMEN

El cáncer representa uno de los desafíos de salud más significativos en la actualidad. La complejidad de esta enfermedad, marcada por la heterogeneidad tumoral y celular, dificulta el desarrollo de terapias definitivas o efectivas. Esta heterogeneidad se manifiesta en la coexistencia de subpoblaciones celulares intratumorales en diferentes estadios proliferativos, lo que contribuye a la resistencia a los fármacos quimioterapéuticos (1,2). En los últimos años, se ha propuesto que las células cancerosas pueden entrar en un estado de quiescencia, caracterizado por una proliferación lenta o pausada, lo que les confiere la capacidad de resistir a la quimioterapia la cual en su mayoría están dirigidas a células que se encuentran en un estado activo de su división celular (2,3). Estudios recientes confirman que aun con la aplicación de dos fármacos en conjunto sigue existiendo un alto porcentaje de células remanentes, lo que desecha la idea de mecanismos de resistencia a los fármacos y surge la quiescencia como la posible explicación de la resistencia a la quimioterapia. Este estado puede ser inducido por el estrés nutricional derivado de la vascularización caótica del tumor (3). Con el propósito de caracterizar las subpoblaciones celulares en condiciones de estrés nutricional, este trabajo se enfocó en identificar dichas subpoblaciones mediante el análisis de KI-67, un marcador de proliferación, en líneas celulares cancerosas humanas. Se utilizaron las líneas celulares A549 (cáncer pulmonar), MCF7 (cáncer mamario) y MDA-MB-231 (metástasis de pulmón) como modelos de estudio. Se cultivaron en medio rico en nutrientes DMEM suplementado con 10% de Suero Fetal Bovino (SFB), y alternativamente en medio limitado DMEM con 0.1% SFB. Para determinar la dinámica de crecimiento, se realizó el conteo celular con cámara de Neubauer. Los niveles de expresión génica de Ki67 se determinaron por RT-PCR en punto final. En todos los cultivos celulares cancerosos se observó un estado de quiescencia, evidenciado por la ralentización del tiempo de duplicación. Además, todas las líneas celulares expresaron KI-67 en todas las condiciones experimentales. Tras la exposición al fármaco quimioterapéutico, se identificó una subpoblación quiescente que exhibía una baja expresión de KI-67 en los cultivos. En conclusión, todas las líneas celulares entraron en quiescencia bajo estrés nutricional. Asimismo, la aplicación del fármaco quimioterapéutico seleccionó una subpoblación quiescente resistente.

INTRODUCCIÓN

La vida en la Tierra surgió de **organismos unicelulares primitivos (procariotas)**, caracterizados por su simplicidad estructural y funcional. Con la evolución, aparecieron las **células eucariotas**, más complejas y con funciones compartimentalizadas en organelos. Este avance propició la especialización celular y la comunicación intercelular, dando origen a los **organismos pluricelulares**^{4,5}. No obstante, estos procesos biológicos puede verse comprometido por diversos factores, derivando en la formación de células cancerosas⁶.

El cáncer es uno de los desafíos de salud más críticos a nivel mundial, ubicándose como la segunda causa de mortalidad⁷. Su capacidad para desarrollarse en prácticamente cualquier órgano genera una notable heterogeneidad entre diferentes individuos⁸. Aún más, se ha observado que incluso dentro de un mismo tumor existe una considerable heterogeneidad intrínseca, dando lugar a la formación de subpoblaciones celulares con funciones especializadas. Estas subpoblaciones son clave en procesos como la evasión del sistema inmune, invasión de otros tejidos, así como en la resistencia a los tratamientos convencionales como la quimioterapia y la recurrencia de la enfermedad^{8,9,10}.

La formación de estas subpoblaciones se debe a alteraciones genéticas y epigenéticas que son influenciadas directamente por el microambiente tumoral⁹. Un elemento clave en este microambiente es la restricción de nutrientes que se observa en el tumor, derivada de su vascularización caótica. En las áreas con perfusión sanguínea deficiente, las células tienen un acceso insuficiente a los nutrientes esenciales. Para contrarrestar este estrés, adoptan un estado de quiescencia, ralentizando o pausando su progresión a través del ciclo celular¹¹. Este mecanismo de supervivencia no solo les permite persistir en condiciones hostiles, sino que también las hace resistentes a las quimioterapias, ya que estas terapias están dirigidas principalmente a células que se dividen activamente^{9, 10, 11}.

Dada esta complejidad, resulta fundamental identificar las subpoblaciones celulares que se encuentran en estados quiescentes, ya que comprenderlo es esencial para diseñar estrategias terapéuticas más innovadoras y eficaces que puedan, finalmente, abordar la resistencia a los tratamientos actuales contra el cáncer.

TEORÍA

La célula es el principal componente de todo ser vivo. Se clasifican principalmente en dos grandes grupos: procariotas y eucariotas, distinción que se basa en la ausencia o presencia de un núcleo definido que contiene el material genético^{4,5}.

Estas unidades biológicas están en constante interacción con su ambiente, lo que les permite llevar a cabo procesos de adaptación. Las alteraciones significativas en el entorno pueden inducir la aparición de mutaciones genéticas⁵. Si bien algunas de estas mutaciones son beneficiosas y cruciales para la supervivencia y evolución de la especie, otras pueden tener consecuencias perjudiciales. En ciertos casos, la acumulación de mutaciones puede desregular el control celular, dando origen a células cancerosas. Estas células rompen el orden establecido de proliferación y la jerarquía dentro de un organismo, creciendo de manera descontrolada y afectando la función normal de los tejidos y órganos⁶.

Una vez que las células cancerosas surgen, su proliferación descontrolada en el tejido de origen provoca una alteración significativa. Esta expansión resulta en la formación de una masa tumoral, también conocida como neoplasia. Si este tumor se establece, tiene la capacidad de diseminarse a otras partes del organismo a través de un proceso llamado metástasis, lo que complica enormemente el tratamiento y el pronóstico^{9, 11, 12}.

Un aspecto crucial y complejo en el estudio del cáncer es la heterogeneidad tumoral. Esto significa que un mismo tumor no es una entidad homogénea; más bien, está compuesto por diversas poblaciones de células cancerosas con características genéticas y fenotípicas distintas⁷. Además, el tumor interactúa íntimamente con su entorno, lo que se conoce como microambiente tumoral. Este microambiente no solo alberga a las células cancerosas, sino también a otros tipos celulares esenciales, como las células endoteliales, células estromales y una compleja red de células del sistema inmunológico⁹. Las interacciones entre las células cancerosas y su microambiente complican aún más el panorama. Estas interacciones pueden potenciar los cambios genéticos y epigenéticos, lo que a su vez influye en la coexistencia de las diversas poblaciones de células cancerosas y, en última instancia, impulsa una mayor heterogeneidad dentro del tumor^{8, 9}.

La complejidad de la heterogeneidad tumoral se profundiza al considerar cómo se nutre un tumor. Para crecer, las células cancerosas necesitan acceso a los vasos sanguíneos que les suministran nutrientes vitales. Para lograr esto, las células tumorales modulan activamente su entorno, induciendo la formación de nuevos vasos sanguíneos, un proceso conocido como angiogénesis¹¹. Sin embargo, esta señalización para la creación de vasos es desorganizada. Como resultado, los nuevos vasos sanguíneos suelen ser frágiles y defectuosos, generando zonas dentro del tumor con poca o nula perfusión sanguínea¹². Esto introduce otra capa de complejidad en la heterogeneidad tumoral, ya que ahora observamos células en diferentes estados proliferativos: las células con

acceso directo a los vasos sanguíneos y abundancia de nutrientes proliferan activamente; aquellas células más alejadas, con acceso limitado a nutrientes, experimentan estrés celular, y para sobrevivir, estas células ralentizan o pausan su proliferación; por último, las zonas sin ningún acceso a nutrientes sufren necrosis, es decir, muerte celular. Esta dinámica de acceso a nutrientes, mediada por una angiogénesis aberrante, contribuye significativamente a la diversidad biológica y funcional dentro del mismo tumor^{8, 12, 13}.

Todo lo anterior ha impulsado un gran interés en la comunidad científica para identificar y caracterizar las diversas subpoblaciones celulares dentro de un tumor. No obstante, la investigación se ha centrado mayormente en las células proliferativas. Por ello, es crucial expandir este estudio hacia las células en estados de proliferación ralentizada o pausada.

Para identificarlas, un enfoque prometedor es el uso de marcadores de proliferación como Ki-67, ampliamente utilizado. Se ha observado que la dinámica de Ki-67 podría ser clave para distinguir estas células. La ventaja de Ki-67 radica en que es una proteína que se expresa a lo largo de todo el ciclo celular, alcanzando su máxima expresión en la fase M y degradándose en la fase temprana de G1, lo que lo convierte en un indicador confiable del estado proliferativo de una célula¹.

PARTE EXPERIMENTAL

Para este trabajo, se emplearon tres líneas celulares: A549 (carcinoma pulmonar), MCF7 (cáncer primario de mama) y MDA-MB-231 (metastásica de mama). Todas se cultivaron en condiciones estériles en Medio Eagle Modificado de Dulbecco (DMEM), suplementado con un 10% de Suero Fetal Bovino (SFB) y 1% de amikacina, e incubadas a 37°C en una atmósfera con 6% de CO₂. El mantenimiento de los cultivos se realizó con cambios de medio y/o resiembras cada tres días. Al alcanzar una confluencia del 70%, las células se subcultivaron: el medio antiguo se retiró, se lavó con PBS y se trató con tripsina-EDTA durante 3-5 minutos, inactivándola posteriormente con medio fresco tras el desprendimiento celular.

Para inducir la quiescencia, 3x10⁵ células por caja Petri de 9 cm² se inocularon en DMEM con 10% de SFB durante 24 horas para su adherencia. Luego, se cambió el medio a DMEM con 0.1% de SFB, manteniéndolo así por 48 horas. Transcurrido este tiempo, las muestras designadas se trataron con vinblastina. Finalmente, las células adherentes se despegaron con tripsina-EDTA y se recolectaron para su análisis.

El conteo celular se realizó con una cámara de Neubauer, aplicando 10 µl de suspensión celular y observando bajo un microscopio óptico. La fórmula utilizada fue:

$$1. \text{ Número total de células/ml} = \text{Células contadas (10 cuadros)} \times 10^4$$

Para evaluar la viabilidad, las células adherentes se lavaron con PBS y se tiñeron con una mezcla de naranja de acridina y bromuro de etidio (5 µl/ml cada uno) durante 5 minutos¹⁴. La visualización mediante microscopía de epifluorescencia permitió identificar células viables (núcleos verdes y normales), apoptóticas tempranas (núcleos verdes condensados), apoptóticas tardías (núcleos rojos condensados) y necróticas (núcleos rojos normales).

El RNA total se extrajo de las células recolectadas de cada condición experimental, centrifugando el pellet celular y resuspendiéndolo en Trizol® (100 µl por 1x10⁶ células). Se añadió cloroformo (1:5 respecto a Trizol) y se agitó. Tras una centrifugación a 12000 x g durante 15 minutos a 4°C, la fase acuosa superior se transfirió a un nuevo tubo con isopropanol (1:2 respecto a Trizol) y se incubó a -20°C por 24 horas. Después de otra centrifugación (12000 x g, 10 minutos, 4°C), el pellet se lavó con etanol al 80% frío, centrifugó (7500 x g, 5 minutos, 4°C) y se secó. Finalmente, el pellet de RNA se resuspendió en agua libre de RNAsas.

La síntesis de cDNA se llevó a cabo utilizando el kit LunaScript® RT-Master Mix (New England BioLabs® Inc.) en una reacción de 20 µl. Se incubó de 0.1 a 1 µg de RNA total con los reactivos del

kit y oligos dT, siguiendo las condiciones del fabricante para la transcripción inversa. El cDNA resultante se usó inmediatamente para RT-PCR.

La amplificación de cDNA se realizó mediante RT-PCR utilizando la Taq DNA Polymerase con Standard Taq Buffer (New England BioLabs® Inc.). Se agregaron todos los reactivos y se utilizaron cebadores específicos para la amplificación de Ki-67 (Ki-67 Inicio: 5'-CTGTGGCTCACTCAAGTTGAGAG-3' y Ki-67 Reverso: 5'-GACCAGGTAACCCAGAGCAC-3'). La reacción de PCR se llevó a cabo en un termociclador MasterCycler Gradient Eppendorf bajo condiciones de temperatura y ciclos previamente estandarizadas. Los productos se analizaron mediante electroforesis en un gel de agarosa al 2.8% con buffer TAE, corriendo por 1 hora a 60 Volts. Las bandas se fotografiaron con un fotodocumentador Electrophoresis Documentation and Analysis System 120 de Kodak Digital Science™ y se cuantificaron utilizando su software.

Los datos de conteo celular se expresaron como promedio $\pm$ desviación estándar ($n=3$) y se graficaron. Para la cuantificación del producto de RT-PCR, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) para evaluar diferencias entre subpoblaciones, seguidos de la prueba t de Student para comparaciones específicas de expresión génica. En ambos casos, un valor de $P < 0.05$ se consideró estadísticamente significativo.

RESULTADOS

Se utilizó una concentración de 0.1% de suero fetal bovino (SFB) para inducir un estado de quiescencia en las líneas celulares MCF7, MDA-MB-231 y A549¹⁵. Tras 48 / 54 horas de exposición (según el tiempo de duplicación celular), se observó una realentización en su proliferación en las líneas MCF7 y MDA-MB-231, duplicando su tiempo de crecimiento de 27 a 54 horas, lo cual sugiere la entrada a un estado quiescente. En contraste, la línea A549 mantuvo su ritmo de crecimiento con un tiempo de duplicación constante de 24 horas, incluso bajo la condición de suero reducido (Figura 1, 2 y 3).

Las células de todas las líneas se mantuvieron viables durante el experimento. Posterior a dos ciclos de duplicación, A549 y MCF7 mantuvieron el comportamiento observado inicialmente. En cambio, en MDA-MB-231 se registró una reducción marcada de viabilidad bajo estrés nutricional prolongado (96 h), con un 75% de muerte celular y una subpoblación sobreviviente del 25%.

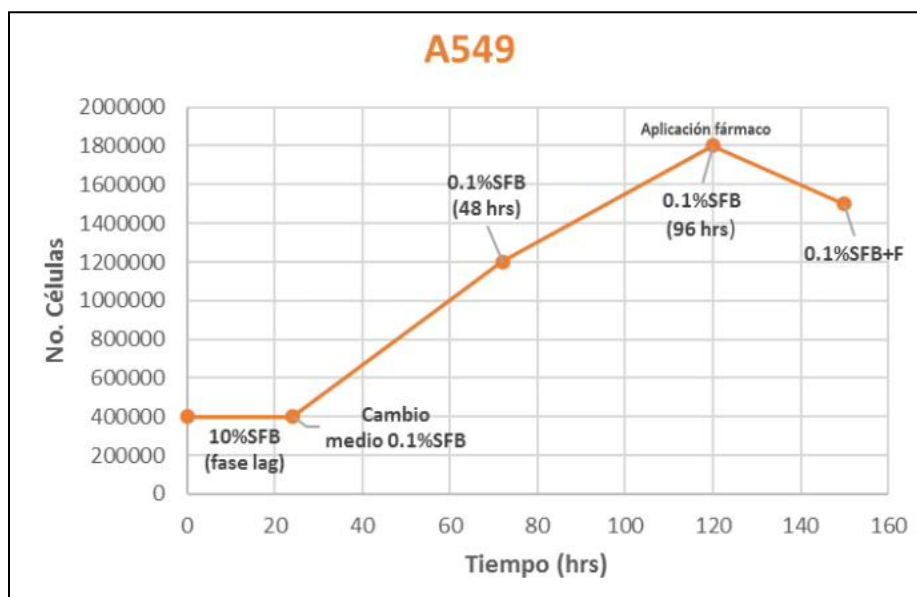


Figura 1. Dinámica de crecimiento de la línea celular A549 en 0.1% SFB

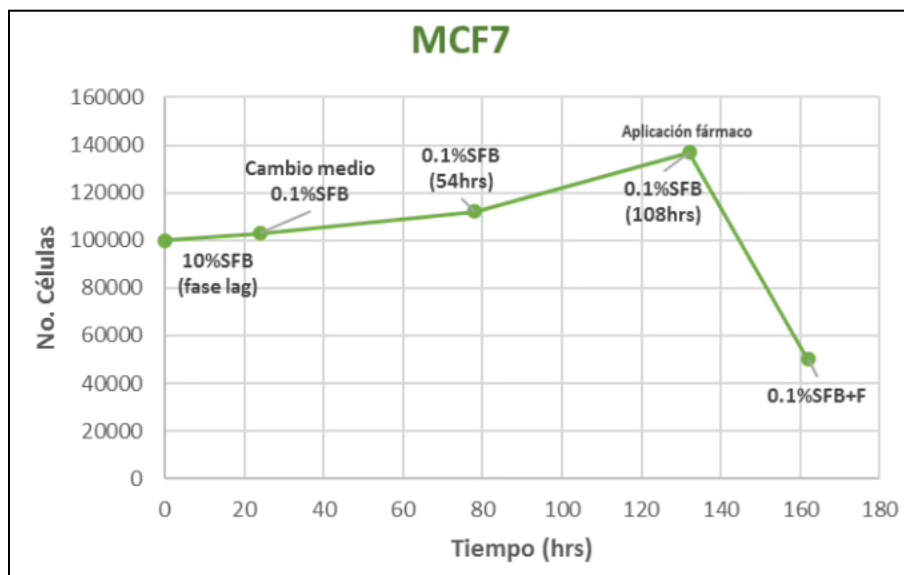


Figura 2. Dinámica de crecimiento de la línea celular MCF7 en 0.1%SFB.

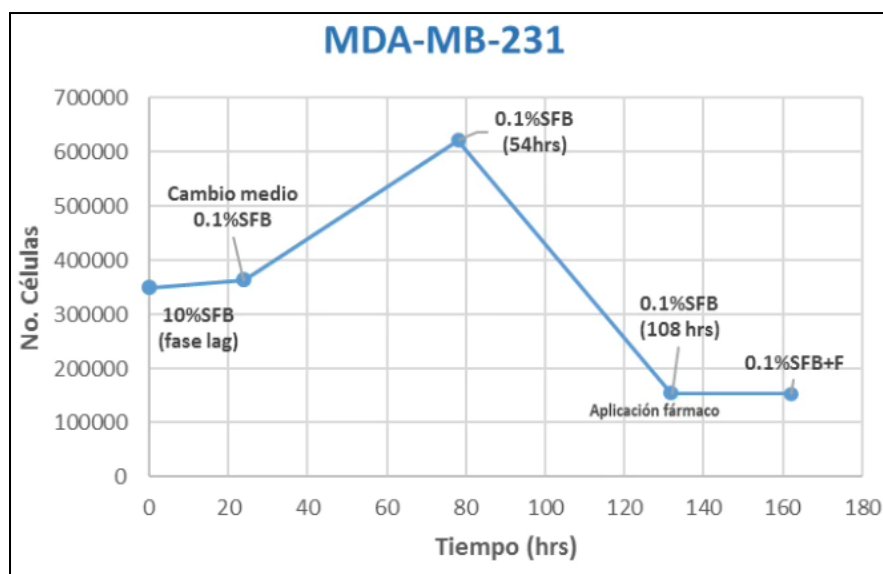


Figura 3. Dinámica de crecimiento de la línea celular MDA-MB-231 en 0.1% SFB.

A estas condiciones se sumó la aplicación de vinblastina. En la línea A549, el tratamiento redujo la viabilidad celular en un 17%, mientras que en MCF7 la mortalidad alcanzó un 63%. En MDA-MB-231, las células restantes tras la condición de 0.1% SFB mostraron mayor sensibilidad, manteniéndose viables únicamente aquellas correspondientes al 25% previamente identificado (Figura 4).

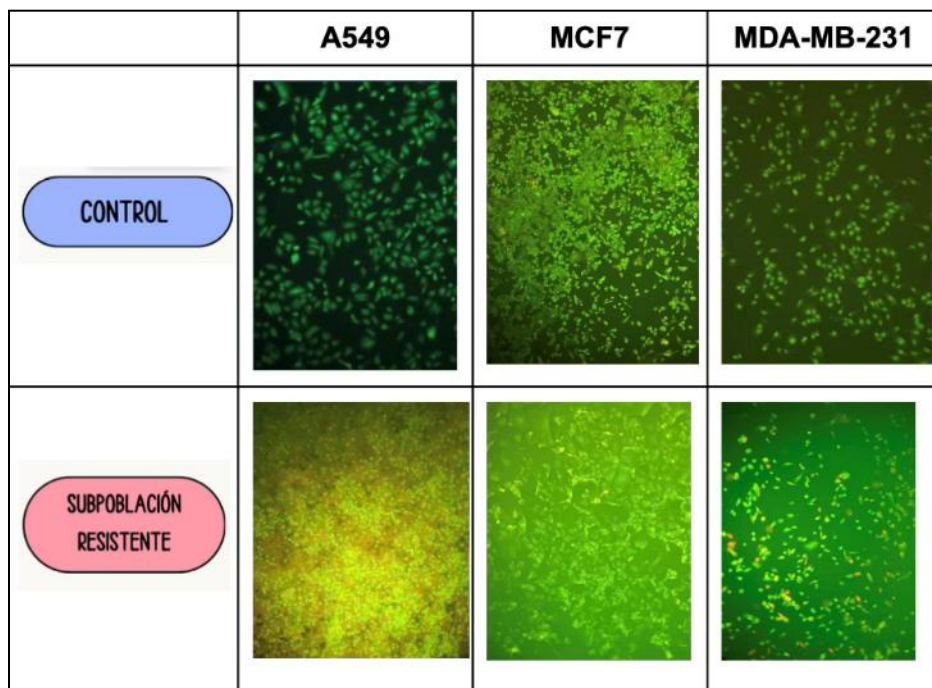


Figura 4. Viabilidad celular en la subpoblación resistente al fármaco mediante tinción con naranja de acridina y bromuro de etidio.

A partir de estos resultados, se seleccionaron como subpoblaciones de interés aquellas cultivadas en 10% SFB, 0.1% SFB, así como las células sobrevivientes al tratamiento con vinblastina, con el objetivo de caracterizar sus perfiles de proliferación y expresión génica en análisis posteriores.

El análisis de la expresión del marcador proliferativo Ki67 reveló diferencias estadísticamente significativas entre las subpoblaciones evaluadas en las tres líneas celulares analizadas. En A549, el análisis ANOVA indicó diferencias globales significativas ($P = 0.018$); sin embargo, las comparaciones por pares no arrojaron diferencias significativas entre suficiencia y limitación nutricional ($P = 0.379$), ni entre limitación y limitación con fármaco ($P = 0.132$), sugiriendo que la variabilidad observada no es atribuible a diferencias marcadas entre condiciones específicas (Figura 5).

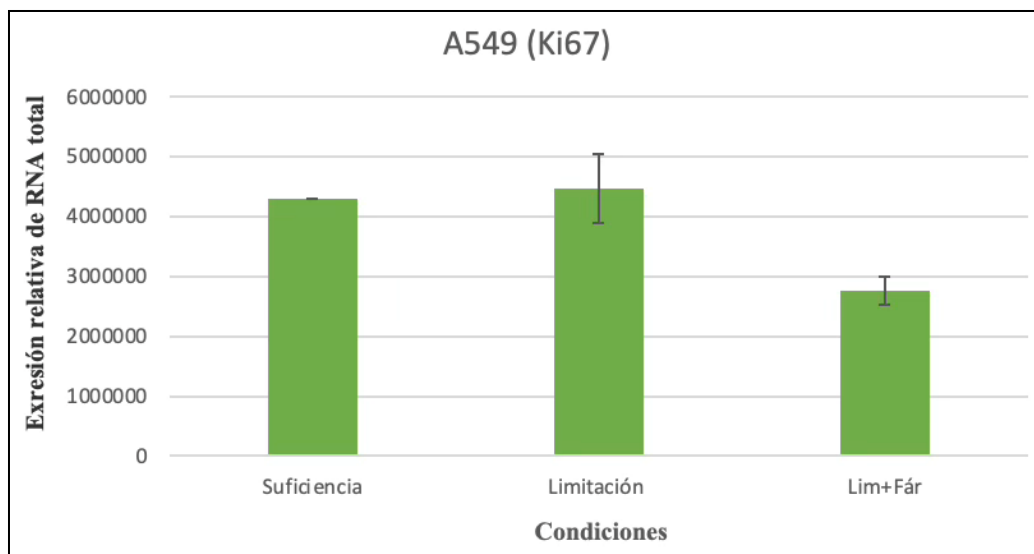


Figura 5. Expresión de Ki67 en la línea celular A549 en las diferentes subpoblaciones.

En la línea celular MCF7, el ANOVA mostró una diferencia altamente significativa entre las subpoblaciones ($P = 0.00003$), indicando una respuesta diferencial más clara. No se detectaron diferencias significativas entre las condiciones de suficiencia y limitación ($P = 0.152$), ni entre limitación a 54 h y a 108 h ($P = 0.082$). No obstante, se observó una disminución significativa en la expresión de Ki67 al comparar limitación a 108 h frente a la subpoblación resistente al fármaco ($P = 0.007$), lo que sugiere que la resistencia al tratamiento se asocia a un perfil proliferativo más bajo (Figura 6).

En MDA-MB-231, también se encontraron diferencias globales significativas en el análisis ANOVA ($P = 0.0162$). La prueba t de Student reveló una diferencia significativa entre las condiciones de suficiencia y limitación ($P = 0.0269$), mientras que no se observaron diferencias significativas entre limitación a 54 h y 108 h ($P = 0.105$), ni entre limitación a 108 h y la subpoblación resistente ($P = 0.341$). Estos hallazgos sugieren que la limitación nutricional impacta de manera más notoria la expresión de Ki67 que la exposición posterior al fármaco en esta línea celular (Figura 7).

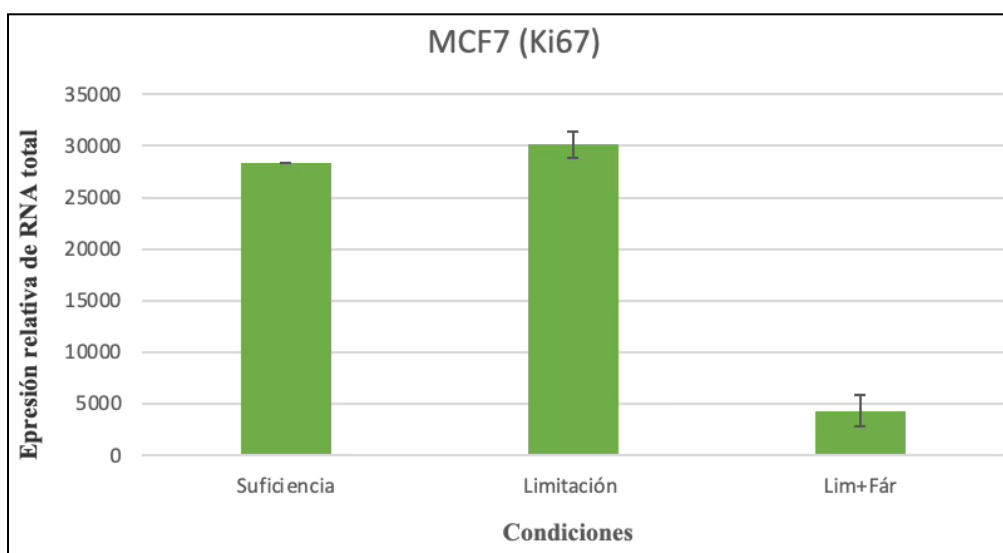


Figura 6. Expresión de Ki67 en la línea celular MCF7 en las diferentes subpoblaciones

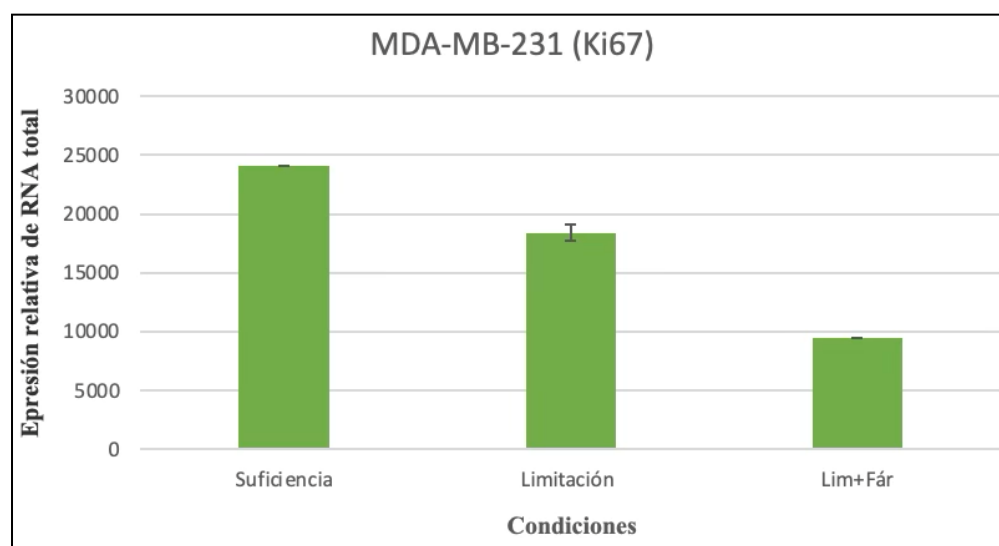


Figura 7. Expresión de Ki67 en la línea celular MDA-MB-231 en las diferentes subpoblaciones.

CONCLUSIONES

El estrés nutricional indujo quiescencia en todas las líneas celulares evaluadas. Destacablemente, el fármaco quimioterapéutico no erradicó todas las células, sino que seleccionó una subpoblación quiescente resistente al tratamiento. Este hallazgo subraya la necesidad de comprender la heterogeneidad tumoral y de emplear marcadores adicionales que permitan discernir con precisión entre sus diversas subpoblaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. I. Miller, M. Min, C. Yang, et al., "Ki67 is a Graded Rather than a Binary Marker of Proliferation versus Quiescence", *Cell reports*, Vol. 24, 5, 2018, pp. 1105–1112.
2. X. P. Xie, et al. "Quiescent human glioblastoma cancer stem cells drive tumor initiation, expansion, and recurrence following chemotherapy." *Developmental cell*, Vol. 57, 1, 2022, pp. 32-46.
3. S. Yano, et al., "Cell-cycle-dependent drug-resistant quiescent cancer cells induce tumor angiogenesis after chemotherapy as visualized by real-time Fucci imaging." *Cell cycle (Georgetown, Tex.)*, Vol. 16, 5, 2017, pp. 406-414.
4. O. Álvarez, "Métodos de estudio de las células. Las células procariotas y eucariotas. La célula animal y vegetal y las formas acelulares", 2016, Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/235859281.pdf>
5. T. Cerdas, M. J. Gutierrez, C. Porras y A. Ramírez, "La célula: Organización estructural", 2018, Recuperado de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57584761/Reporte_de_Biologia-libre.pdf
6. M. Gerstung, C. Jolly, I. Leshchiner, et al., "Author Correction: The evolutionary history of 2,658 cancers", *Nature*, Vol. 614, 7948, 2023.
7. A. Marusyk y K. Polyak, "Tumor heterogeneity: causes and consequences", *Biochimica et biophysica acta*, Vol. 1805, 1, 2010, pp. 105–117.
8. J. Ferlay, M. Colombet, I. Soerjomataram, et al., "Cancer statistics for the year 2020: An overview", *Int J Cancer*, 2021.
9. F. Ahmed y N. K. Haass, "Microenvironment-Driven Dynamic Heterogeneity and Phenotypic Plasticity as a Mechanism of Melanoma Therapy Resistance", *Frontiers in oncology*, Vol. 8, 173, 2018.
10. G. R. Bhat, , I. Sethi, H. Q. Sadida, et al., "Cancer cell plasticity: From cellular, molecular, and genetic mechanisms to tumor heterogeneity and drug resistance", *Cancer Metastasis Reviews*, Vol. 43, 2024, pp. 197–228.
11. Y. Sela, J. Li, S. Maheswaran, et al., "Bcl-xL Enforces a Slow-Cycling State Necessary for Survival in the Nutrient-Deprived Microenvironment of Pancreatic Cancer". *Cancer research*, Vol. 82, 10, 2022, pp. 1890–1908.
12. M. R. Sullivan y M. G. Vander, "Determinants of nutrient limitation in cancer". *Critical reviews in biochemistry and molecular biology*, Vol. 54, 3, 2019, pp. 193–207.
13. E. Z. White, N. M. Pennant, J. R. Carter, et al., "Serum deprivation initiates adaptation and survival to oxidative stress in prostate cancer cells". *Scientific reports*, Vol. 10, 1, 12505, 2020.
14. J.A. Wickenden, M.C. Clarke, A.G. Rossi, et al., "Cigarette smoke prevents apoptosis through inhibition of caspase activation and induces necrosis", *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology*, Vol. 29, 2003, pp. 562-570.
15. M. Ramírez-Gutiérrez, "Validación de un modelo celular de origen canceroso del estado de quiescencia por estrés nutricional", Tesis de Licenciatura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. 2024, pp. 29.

SISTEMA DE DIAGNÓSTICO ASISTIDO PARA NÓDULOS TIROIDEOS BASADO EN TERMOGRAFÍA INFRARROJA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Mayelin Victoria Argudín Ferrán¹, Francisco Javier Alvarez Padilla¹, Jorge Luis Flores Nuñez¹, Miguel Ángel Jurado Aguirre², Alfredo Pérez Nájera² y Francisco Javier Gonzalez²

¹Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería, ²Instituto Mexicano del Seguro Social, (UMAE Hospital de Ginecología y Obstetricia, Centro Médico Nacional de Occidente), Guadalajara, México.

RESUMEN

El cáncer de tiroides es la neoplasia más común en la región de la cabeza y el cuello, con una incidencia creciente a nivel mundial. Los métodos tradicionales de diagnóstico, como la ecografía Doppler y la biopsia por aspiración con aguja fina, presentan limitaciones en la detección temprana de nódulos tiroideos, lo que subraya la necesidad de explorar herramientas complementarias. La termografía infrarroja, una técnica no invasiva basada en la detección de patrones térmicos, se presenta como una alternativa prometedora, especialmente cuando se combina con inteligencia artificial. Este estudio propone un sistema computarizado asistido basado en redes neuronales convolucionales (CNN) para la clasificación automática de sujetos con nódulos tiroideos sospechosos de malignidad y sujetos sanos mediante el análisis de imágenes de termografía infrarroja. Se desarrolló una metodología estructurada en varias fases: recolección de imágenes térmicas en condiciones controladas, preprocesamiento con reducción de ruido, segmentación automática con U-Net y entrenamiento de una CNN optimizada. El modelo fue evaluado con validación cruzada y métricas estándar como precisión, sensibilidad, especificidad y F1-score. Los resultados demostraron un desempeño sobresaliente del sistema propuesto, con una exactitud del 93%, superando a métodos convencionales como máquinas de soporte vectorial (SVM) y *Random Forest*. La inclusión de la segmentación previa mejoró significativamente la clasificación, destacando la relevancia de identificar con precisión la región tiroidea en las imágenes térmicas. Se concluye que la combinación de termografía infrarroja e inteligencia artificial puede ser una herramienta complementaria eficaz en el diagnóstico de nódulos tiroideos, proporcionando un método de detección temprano, accesible y no invasivo. Estos hallazgos respaldan el potencial de este enfoque para optimizar la toma de decisiones clínicas y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

INTRODUCCIÓN

Los nódulos tiroideos son crecimientos en la glándula tiroides, mayormente benignos, pero con un porcentaje que puede volverse canceroso. La incidencia del cáncer de tiroides ha aumentado tanto en Estados Unidos como en México, lo que representa un problema de salud pública [1]. Los métodos diagnósticos tradicionales, como los análisis hormonales y la ecografía, aunque útiles, presentan limitaciones, especialmente en casos difíciles de detectar. Técnicas como la ecografía Doppler y la resonancia magnética han mejorado la evaluación, sobre todo al analizar la vascularización, un indicio clave de malignidad [2]. No obstante, algunos carcinomas tiroideos, como el papilar, no siempre muestran signos de vascularización, dificultando su detección con imágenes convencionales [3]. Es en este contexto que la termografía infrarroja surge como una herramienta prometedora, al ser no invasiva y captar alteraciones térmicas relacionadas con el metabolismo tiroideo. Sin embargo, su análisis manual puede ser impreciso. Por ello, se plantea el uso de Inteligencia Artificial, especialmente redes neuronales, para automatizar la interpretación de imágenes termográficas, mejorando la precisión, rapidez y confiabilidad del diagnóstico.

Justificación

La innovación tecnológica en el área de diagnóstico por imágenes es fundamental para el avance de la medicina personalizada. Un sistema computarizado asistido que analice imágenes termográficas para identificar presencia de nódulos tiroideos puede ser una herramienta valiosa en la práctica clínica, no solo por su capacidad para detectar alteraciones de manera temprana, sino también por

su potencial para ser implementado en contextos donde el acceso a tecnologías más complejas es limitado. Esto no solo contribuirá al desarrollo científico en la intersección de la bioingeniería y la Inteligencia Artificial, sino que también tendrá un impacto directo en la salud pública. La creación de un método de diagnóstico eficiente, preciso y accesible puede mejorar significativamente la calidad de vida de los pacientes, reducir costos asociados con tratamientos tardíos, y facilitar la toma de decisiones médicas basadas en datos [4].

En resumen, la justificación de esta investigación radica en su potencial para transformar la forma en que se diagnostican y gestionan las patologías tiroideas, ofreciendo un enfoque innovador que podría integrarse en la atención médica diaria, y respondiendo a la necesidad urgente de métodos más precisos y menos invasivos en el campo de la endocrinología.

TEORÍA

Anatomía de la Glándula Tiroides

La glándula tiroides es un órgano endocrino clave para la regulación del metabolismo. Su desarrollo embriológico comienza alrededor del día 22, cuando se forma a partir del foramen ciego del endodermo y migra al cuello, estableciendo su posición final alrededor de la semana 7 de gestación. Para la semana 11, la glándula ya es funcional y comienza la síntesis de hormonas tiroideas. Anatómicamente, la tiroides pesa entre 12 y 20 gramos y está localizada en la parte anterior del cuello, protegida por varios músculos y estructuras anatómicas. Entender la anatomía de la tiroides es crucial para contextualizar las patologías asociadas con este órgano, entre las cuales el cáncer de tiroides es una de las más preocupantes debido a su potencial maligno y su creciente incidencia en todo el mundo [5].

Cáncer de Tiroides

El cáncer de tiroides es un tumor maligno que se desarrolla en la glándula tiroides, encargada de producir hormonas que regulan el metabolismo. Se origina por el crecimiento anormal de células tiroideas, formando nódulos que, en algunos casos, pueden diseminarse a otras partes del cuerpo. Los tipos más comunes son el carcinoma papilar, folicular, medular y anaplásico, siendo el papilar el más frecuente y con mejor pronóstico. Su diagnóstico se basa en estudios clínicos, ecográficos y citológicos, como la biopsia por aspiración con aguja fina [6].

Termografía infrarroja

La **termografía infrarroja** es una técnica no invasiva y sin radiación que se utiliza como complemento en el diagnóstico de nódulos tiroideos, ya que permite detectar alteraciones térmicas que podrían sugerir malignidad, especialmente cuando la ecografía o la PAAF resultan limitadas. En años recientes, los avances en el procesamiento de imágenes médicas y el uso de **Inteligencia Artificial (IA)** han mejorado la precisión diagnóstica, al facilitar la detección automática de patrones anómalos en imágenes térmica [7].

Inteligencia Artificial

La **Inteligencia Artificial (IA)** se define como la ciencia y la ingeniería de crear máquinas inteligentes, especialmente programas que simulan el pensamiento humano. Su desarrollo, que comenzó en los años 50, tuvo un hito importante con el artículo de Alan Turing "Computing Machinery and Intelligence", donde propuso el Test de Turing para evaluar si una máquina puede comportarse como un ser humano pensante [8]. La IA combina ciencias de la computación y grandes conjuntos de datos para resolver problemas complejos. Dentro de sus técnicas, destacan el *Machine Learning* y, en particular, el *Deep Learning*, por su efectividad en el análisis de imágenes médicas y la clasificación automática [9], aspectos centrales de este trabajo.

- *Machine Learning*

El *Machine Learning (ML)* es un campo de la Inteligencia Artificial que consiste en capacitar sistemas computacionales para aprender, ejecutar y mejorar tareas a partir de la experiencia, sin necesidad de una programación explícita [10]. El **ML** se basa en algoritmos que analizan grandes volúmenes

de datos, identifican patrones y realizan predicciones, facilitando así la toma de decisiones informadas.

En esta investigación, se emplean algoritmos de clasificación, un tipo de algoritmo de aprendizaje supervisado que aprenden patrones y relaciones a partir de un conjunto de datos, en el cual cada instancia tiene una etiqueta o clase asignada [11]. Aunque existen métodos más recientes, estos algoritmos ofrecen una base sólida para comparaciones y evaluación del desempeño en el proyecto.

Árbol de Decisión: Es un modelo de clasificación que divide los datos en subgrupos basados en decisiones sucesivas sobre sus características. Cada nodo representa una condición y cada hoja, una clase final. Destaca por su simplicidad e interpretabilidad, lo que facilita comprender cómo se toman las decisiones [12].

Máquinas de Soporte Vectorial (SVM): Es un algoritmo de clasificación que busca el hiperplano óptimo para separar las clases, maximizando el margen entre ellas. Puede manejar datos no lineales mediante funciones *kernel* y es eficaz en espacios de alta dimensión. Aunque es robusto y preciso, puede ser computacionalmente costoso y requiere ajuste de parámetros [12].

Bosques Aleatorios o Random Forest en inglés (RF): Este algoritmo construye múltiples árboles de decisión con subconjuntos aleatorios de datos y características, lo que mejora la precisión y reduce el sobreajuste [13].

Por otro parte, los avances en procesamiento de datos y capacidad computacional han favorecido el uso de técnicas más complejas, como el *Deep Learning*, que permite un análisis más profundo y preciso mediante redes neuronales de múltiples capas.

Deep Learning

El *Deep Learning* se suele enmarcar dentro del *Machine Learning*. El *Deep Learning* aglutina una serie de técnicas que utilizan como base mayoritaria el concepto de las redes neuronales artificiales o ANN por sus siglas en inglés [14]. Las neuronas artificiales, también conocidas como perceptrones, serán funciones matemáticas cuyo funcionamiento se basa en la forma de funcionar de las neuronas humanas. Dentro de las ANN existen grandes variantes que son utilizadas para tareas completamente diferentes entre sí. En este marco aparecen las redes neuronales convolucionales o CNN por sus siglas en inglés.

- Redes Neuronales Convolucionales (CNN)

Las CNN se diferencian de las ANN en que las segundas procesan cada píxel de manera independiente, perdiendo información contextual por el camino. Esto provoca que las ANN no sean capaces de distinguir patrones en forma de bordes, contrastes, figuras geométricas y otro tipo de información textual disponible en las imágenes.

Los modelos de CNN sí que utilizan esta información contextual. Este tipo de red se basa en el funcionamiento de tres tipos de capas: la capa convolucional, la capa de *pooling* y la capa totalmente conectada (*fully connected*) [15]. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de funcionamiento de una CNN.

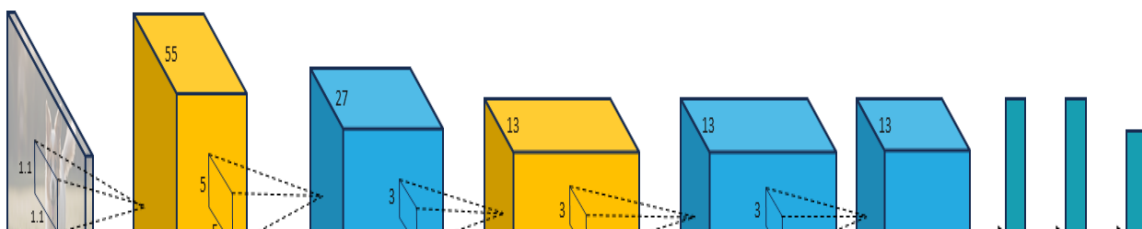


Figura 1. Ejemplo de funcionamiento de una CNN. Representación del flujo de aprendizaje de una red neuronal convolucional (CNN). Las primeras capas identifican características básicas (bordes y contrastes), las intermedias extraen patrones más complejos (texturas o partes de objetos) y las últimas, representaciones semánticas de alto nivel (objetos completos). Los mapas de activación muestran cómo los filtros procesan características en cada etapa, mientras que las capas de pooling reducen la dimensionalidad, conservando la información clave. Finalmente, las capas densas combinan estas características para emitir la predicción final.

- Capa de Pooling

Reduce la dimensión de los datos y los parámetros, haciendo más eficiente el modelo. Se aplica después de la convolución para conservar lo más relevante y disminuir la sensibilidad a la posición. Usa filtros pequeños (como 2x2) y puede tomar el valor máximo (*max pooling*) o el promedio (*average pooling*) de cada región [15].

- Capa Dropout

La técnica conocida como *dropout* es una estrategia empleada para evitar el sobreentrenamiento, también llamado *overfitting*. Este problema ocurre cuando la red neuronal memoriza de manera excesiva los datos de entrenamiento, al punto de identificar incluso los detalles más mínimos de estos, lo que le impide generalizar. Como consecuencia, al enfrentarse a nuevos datos con patrones ligeramente diferentes a los del conjunto de entrenamiento, la red no logra inferir correctamente su clase [15].

- Conjunto de entrenamiento, validación y prueba

En el ámbito del desarrollo de Inteligencia Artificial, es común trabajar con tres conjuntos de datos clave: entrenamiento, validación y *test*. Cada uno de estos conjuntos desempeña un papel fundamental en el proceso de construcción y evaluación del modelo, garantizando resultados precisos y evitando problemas como el *overfitting* (sobreajuste) [16].

Conjunto de entrenamiento: Constituye el grupo de datos más amplio y se utiliza para enseñar al modelo a identificar patrones y características relevantes. A medida que el modelo se expone a estos datos, ajusta sus parámetros internos para mejorar su rendimiento.

Conjunto de validación: Se emplea para evaluar el rendimiento del modelo durante el proceso de entrenamiento, sin que el modelo aprenda de estos datos. Este conjunto también es útil para ajustar los hiperparámetros del modelo y detectar posibles problemas de *overfitting*. Generalmente, es de menor tamaño que el conjunto de entrenamiento.

Conjunto de prueba: Este conjunto se utiliza al final del proceso para evaluar la capacidad del modelo de generalizar a datos nuevos y no vistos, simulando situaciones del mundo real. Además, permite comparar el rendimiento entre diferentes modelos o enfoques.

- Técnicas de equilibrado de datos

En ocasiones, los conjuntos de datos utilizados en un modelo de ML pueden presentar dos problemas comunes: una insuficiente cantidad de ejemplos o una distribución desequilibrada entre las clases. Para abordar estas dificultades, se han desarrollado diversas soluciones que varían según las características del conjunto de datos, su tamaño y la cantidad de clases presentes. En esta investigación, dada la naturaleza del conjunto de datos, se recomienda utilizar la técnica de *Data Augmentation* [17].

- Data Augmentation

La ampliación de datos o *Data Augmentation* es una técnica diseñada para aumentar el tamaño del conjunto de datos, especialmente en aquellas clases con menos representatividad. Este método consiste en generar nuevos ejemplos mediante transformaciones y alteraciones del conjunto de datos existentes; las cuales puede incluir rotaciones, escalados, cambios de color o ruido, entre otras técnicas, que permiten incrementar la cantidad de datos útiles para el entrenamiento. Además de ayudar a equilibrar las clases minoritarias, esta técnica mejora la capacidad del modelo para generalizar, evitando que se sobreajuste a patrones específicos del conjunto de datos original [17].

PARTE EXPERIMENTAL

Fase 1: Diseño del Estudio

Este estudio se clasifica como **observacional, descriptivo y transversal**. Las imágenes de pacientes con patologías tiroideas fueron obtenidas en el Hospital de Tercer Nivel de Atención del Occidente de México, mientras que las imágenes de los sujetos sanos se capturaron en el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI). Todas las imágenes, tanto de los pacientes con patologías como de los sujetos sanos, fueron sometidas a evaluación por el comité de ética, bajo el número de registro R-2022-1301-180, obteniendo la aprobación correspondiente para garantizar el cumplimiento de los principios éticos y la confidencialidad de los participantes.

Los participantes del estudio incluyen un total de 100 pacientes, los cuales fueron divididos en dos grupos: pacientes con nódulos tiroideos, incluyendo aquellos con posible indicio de cáncer y pacientes sanos.

Fase 2: Recolección de Datos

Los datos de los pacientes, incluidas las imágenes, se almacenaron de manera segura y se anonimizaron para proteger la confidencialidad de estos, los cuales se utilizaron exclusivamente para el desarrollo del sistema. Estos datos fueron seleccionados de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión bien definidos, los cuales aseguran la consistencia y validez del estudio.

- **Criterios de Inclusión:**
 - Pacientes mayores de 18 años con síntomas de disfunción tiroidea (ejemplo: fatiga, cambios en el peso, irregularidades hormonales).
 - Diagnóstico clínico de nódulos tiroideos o posible cáncer tiroideo.
 - Firma de consentimiento informado.
- **Criterios de Exclusión:**
 - Pacientes con enfermedades comórbidas que pudieran interferir con los resultados de la investigación.
 - Aquellos que han recibido tratamiento para nódulos tiroideos en los seis meses previos.
 - Mujeres embarazadas o en periodo de lactancia.
 - Pacientes sin capacidad para otorgar consentimiento informado.

- Adquisición de Datos

- **Imágenes de Termografía Infrarroja:** Las imágenes fueron tomadas bajo condiciones controladas de iluminación y temperatura, asegurando uniformidad en la captura. Este proceso se realizó con cámaras de alta sensibilidad.
- **Cámara termográfica** (FLIR T600, FLIR Systems Inc., Wilsonville, OR), equipada con un arreglo de plano focal basado en microbolómetros, con una resolución de 480x360 y un rango espectral de 7.5-14 μm , y una sensibilidad inferior a 0.04 °C.
- **Condiciones Controladas:**
 - Temperatura ambiente constante entre 21-23 °C.
 - Iluminación ajustada para minimizar el ruido.
 - Evitar la influencia de otros factores que afecten la precisión del estudio, como el ejercicio o consumo de alimentos previo a la toma de imágenes.

Fase 3: Preprocesamiento de Imágenes

Antes de entrenar los modelos de redes neuronales, las imágenes obtenidas pasaron por un riguroso proceso de preprocesamiento para mejorar su calidad y resaltar las áreas relevantes.

- **Reducción de Ruido:** Se eliminaron artefactos no deseados utilizando técnicas que preservan los bordes y detalles relevantes, evitando la pérdida de información y sin afectar el contraste de la imagen.
- **Mejora de Contraste:** Se aplicaron métodos para resaltar las áreas de interés y mejorar la visibilidad de los nódulos tiroideos sin comprometer la integridad de la imagen.

- **Segmentación Automática:** Se utiliza la arquitectura **UNet 2D**, para aislar la glándula tiroides del fondo de la imagen. Su estructura multinivel se basa en la interacción entre un codificador (encoder) y un decodificador (decoder), conectados a través de un bloque central. El encoder reduce progresivamente la dimensión espacial de la imagen mientras extrae características de alto nivel, y el decoder reconstruye la segmentación utilizando la información transmitida desde el encoder mediante conexiones directas (*skip connections*).

Este modelo fue entrenado previamente con un conjunto de datos etiquetados, permitiendo una segmentación precisa de la zona del cuello, esencial para el posterior análisis de las imágenes.

Fase 4: Desarrollo del Algoritmo de Clasificación

- Implementación de una CNN

Se implementó una **Red Neuronal Convolucional (CNN)** como base del sistema de clasificación debido a su eficacia en el análisis de imágenes médicas. La CNN fue diseñada para extraer características de las imágenes termográficas y realizar la clasificación automática.

- Herramientas Utilizadas

- **PyTorch:** La implementación de la CNN y el entrenamiento del modelo se realizaron en PyTorch, un marco de trabajo flexible y ampliamente utilizado en la investigación de redes neuronales. A diferencia de otros, PyTorch permite una **construcción dinámica de grafos computacionales**, lo que facilita el ajuste y la experimentación con diferentes arquitecturas de red neuronal en tiempo real. Esto es especialmente útil en investigaciones donde es necesario probar y modificar el modelo continuamente. Además, ofrece un manejo más intuitivo del código y una **integración fluida con bibliotecas de optimización**, lo que lo hace más eficiente para tareas como la **clasificación de imágenes médicas**, donde la precisión y el tiempo de procesamiento son críticos [18].
- **NumPy:** Para la manipulación de matrices de datos y operaciones matemáticas, fue clave en el preprocesamiento de los datos y la inicialización de algunos parámetros del modelo [18].
- **OpenCV:** Utilizado para el procesamiento inicial de las imágenes, como la aplicación de filtros y técnicas de mejora de contraste [18].
- **Matplotlib:** Herramienta de visualización para el análisis exploratorio de datos y la evaluación del rendimiento del modelo [18].

- Arquitectura del Modelo

Inicialmente se realizó la segmentación de las imágenes de termografía infrarroja para delimitar con precisión la región de la glándula tiroides, utilizando la arquitectura U-Net. Esta red neuronal, ampliamente utilizada en el ámbito médico, cuenta con una estructura codificador-decodificador que permite conservar tanto detalles finos como generales, facilitando la obtención de contornos claros y consistentes. Este paso fue clave para enfocar el análisis en la zona relevante. La Figura 2 muestra la arquitectura utilizada.

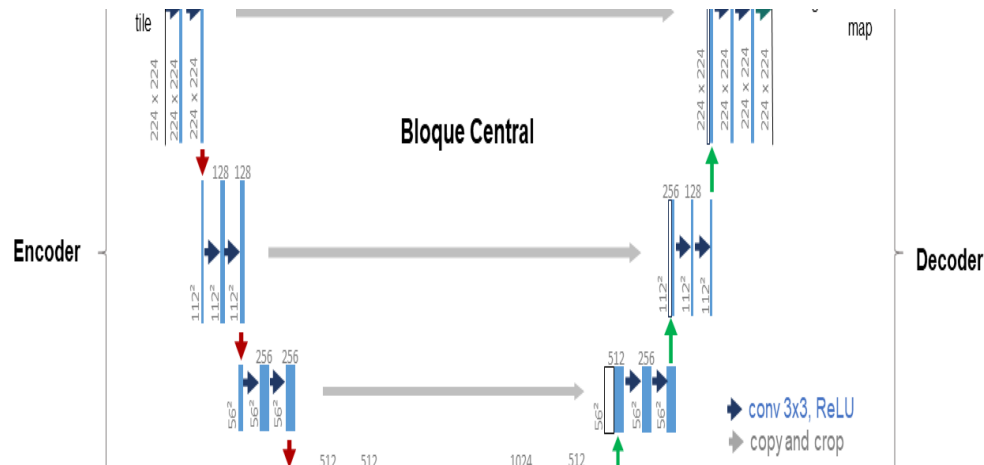


Figura 2. Arquitectura de la red U-Net utilizada para la segmentación de imágenes.

Parte Contractiva (Encoder): La parte izquierda de la U representa la etapa contractiva. Comienza con una capa de convolución seguida de una operación de max pooling (reducción de tamaño). Luego, se repiten varias capas convolucionales y de max pooling para extraer características. El número de canales aumenta a medida que avanzamos en la red.

Bloque Central: En el centro de la U, encontramos un bloque gris que representa una capa convolucional con un gran número de canales (por ejemplo, 1024). Esta capa actúa como un puente entre las partes contractiva y expansiva.

Parte Expansiva (Decoder): La parte derecha de la U representa la etapa expansiva. Comienza con operaciones de up-convolución (también conocidas como transposed convolutions) para aumentar la resolución espacial. Luego, se combinan características de la parte contractiva mediante concatenación y se aplican más capas convolucionales.

Finalmente, se produce un mapa de segmentación (máscara) que asigna una etiqueta a cada píxel de la imagen original.

Funciones Importantes: Concatenación Skip Connections: Las conexiones de salto (flechas verdes) permiten que la información de alta resolución fluya directamente desde la parte contractiva a la expansiva. Esto ayuda a preservar detalles finos.

Además de la U-Net, se empleó una CNN para la clasificación de las imágenes, dado su enfoque eficiente en la extracción de características clave. A continuación, se detalla la arquitectura (**Figura 3**).

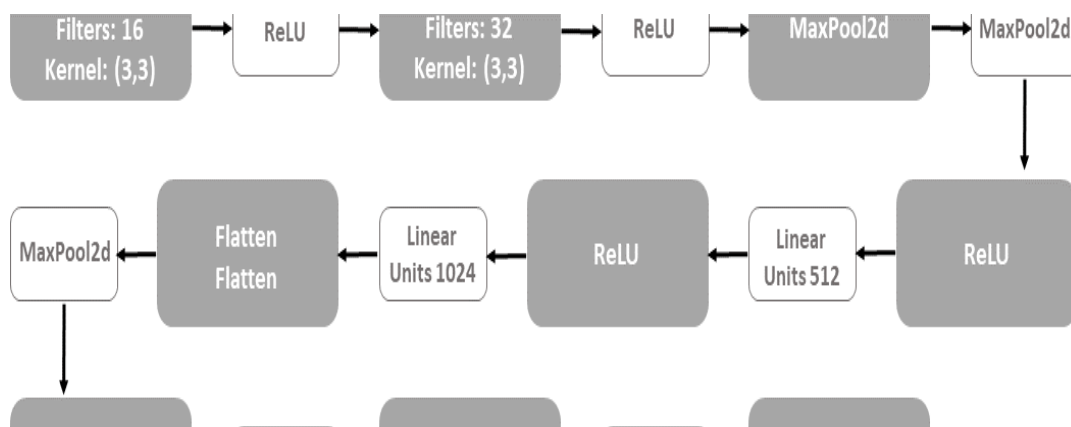


Figura 3. Arquitectura de la red neuronal convolucional (CNN) utilizada en el proceso de clasificación.

La red neuronal convolucional (CNN) implementada para la clasificación consta de 2 capas convolucionales (Conv2D) con filtros 3×3, iniciando con 16 filtros y aumentando a 32 en la segunda capa, cada una seguida de activación ReLU. Se aplican capas de MaxPooling tras cada convolución

para reducir dimensiones y evitar sobreajuste. Luego, una capa de Flatten transforma los mapas de características en un vector unidimensional, el cual se procesa mediante 5 capas totalmente conectadas (Linear) con 1024, 512, 256, 10 y 2 unidades, respectivamente; todas usan ReLU excepto la capa de salida, que permite realizar la clasificación binaria. Además, se exploraron distintas profundidades, tamaños de kernel y funciones de activación para optimizar la precisión y generalización del modelo.

Fase 5: Entrenamiento y Validación del Modelo

El conjunto de datos se dividió en entrenamiento (70%), validación (15%) y prueba (15%). El 70% se destinó al entrenamiento para permitir un aprendizaje efectivo del modelo, mientras que los subconjuntos de validación y prueba, con proporciones iguales, se utilizaron para ajustar hiperparámetros y evaluar el rendimiento durante y después del entrenamiento, asegurando una buena generalización y una evaluación objetiva del modelo.

Fase 6: Optimización del Modelo

Se seleccionó el optimizador **Adam (Adaptive Moment Estimation)** para la actualización de los pesos de la red. Sobresale debido a su capacidad para ajustar dinámicamente las tasas de aprendizaje y su buen desempeño en tareas de clasificación con conjuntos de datos complejos.

Se empleó la **función de pérdida de entropía cruzada** (también conocida como "*Binary Cross-Entropy*" o **log-loss**) dado que es ideal para tareas de **clasificación binaria** (es decir, cuando solo hay dos clases posibles, como "0" y "1") como en el presente estudio. Mide la discrepancia entre las **predicciones del modelo** (probabilidades entre 0 y 1) y los **valores reales** (etiquetas 0 o 1).

Fase 7: Evaluación del Modelo

Para evaluar el rendimiento del modelo, se utilizaron las siguientes métricas:

- **Precisión:** Mide la proporción de verdaderos positivos entre todos los casos clasificados como positivos. Se calcula como: $Precisión = \frac{VP}{VP + FP}$ (1)
- **Accuracy:** (Exactitud): Proporción de todas las predicciones correctas, incluyendo tanto los verdaderos positivos como los verdaderos negativos, sobre el total de predicciones realizadas. Se calcula como: $Accuracy = \frac{VP + VN}{VP + VN + FP + FN}$ (2)
- **Sensibilidad (o Recall):** También conocida como tasa de verdaderos positivos, mide la capacidad del modelo para identificar correctamente a los sujetos con nódulos tiroideos malignos (positivos). Se calcula como: $Sensibilidad = \frac{VP}{VP + FN}$ (3)
- **Especificidad:** Mide la capacidad del modelo para identificar correctamente a los individuos sanos, es decir, los verdaderos negativos. Se calcula como: $Especificidad = \frac{VN}{VN + FP}$ (4)
- **F1-Score:** Es la media armónica entre la precisión y la sensibilidad. Es útil cuando se necesita un balance entre ambas métricas, especialmente en situaciones donde los datos están desbalanceados. Se calcula como: $F1 = 2 \cdot \frac{Precisión \cdot Sensibilidad}{Precisión + Sensibilidad}$ (5)
- **AUC-ROC (Área Bajo la Curva ROC):** La curva ROC muestra la tasa de verdaderos positivos frente a la tasa de falsos positivos en diferentes umbrales de decisión. El AUC mide el área bajo esta curva y refleja la capacidad del modelo para distinguir entre las clases.

A continuación, se definen las principales abreviaturas utilizadas:

- **VP (Verdaderos Positivos):** Son los casos que fueron correctamente predichos como positivos por el modelo. Es decir, el modelo predijo "positivo" y en realidad eran positivos.

- **VN (Verdaderos Negativos):** Son los casos que fueron correctamente predichos como negativos. El modelo predijo "negativo" y en realidad eran negativos.
- **FP (Falsos Positivos):** Son los casos que el modelo predijo incorrectamente como positivos, cuando en realidad eran negativos.
- **FN (Falsos Negativos):** Son los casos que el modelo predijo incorrectamente como negativos, cuando en realidad eran positivos.

- Comparación con Otros Modelos

El modelo basado en CNN se comparó con otros algoritmos de clasificación, como:

- Máquinas de vectores de soporte (SVM);
- Árboles de decisión;
- *Random Forest*.

Finalmente, se realizó una comparación entre los resultados obtenidos por el sistema computarizado y los métodos clínicos tradicionales como la **ecografía Doppler** y la **resonancia magnética**, para evaluar la utilidad de la termografía infrarroja y las redes neuronales en el contexto de la detección temprana de nódulos tiroideos.

Fase 8: Selección de algoritmo óptimo

Para determinar el algoritmo de clasificación más adecuado para el análisis de las imágenes termográficas y la identificación de nódulos tiroideos, se realizó una selección preliminar basada en su eficacia probada en problemas de clasificación similares. Se evaluaron algoritmos como la Regresión Logística, *Random Forest*, Árboles de decisión y Redes Neuronales Convolucionales (CNN), dado su amplio uso en problemas de clasificación médica y de imagen. La selección final del algoritmo se basó en un proceso iterativo que incluyó la revisión de su rendimiento en términos de métricas clave (precisión, sensibilidad, especificidad, F1-Score, AUC-ROC), así como su capacidad para manejar la complejidad de los datos y evitar el sobreajuste. Este proceso fue fundamental para garantizar que el algoritmo seleccionado fuera capaz de proporcionar resultados precisos y fiables en el contexto del presente estudio.

RESULTADOS

Segmentación

Para evaluar la segmentación se utilizaron métricas estándar en imágenes médicas como el índice de Dice, el coeficiente de Jaccard y la precisión (*accuracy*), las cuales permiten medir objetivamente la concordancia entre las segmentaciones predichas y las áreas de referencia, evaluando así el rendimiento del modelo (**Figura 4**).

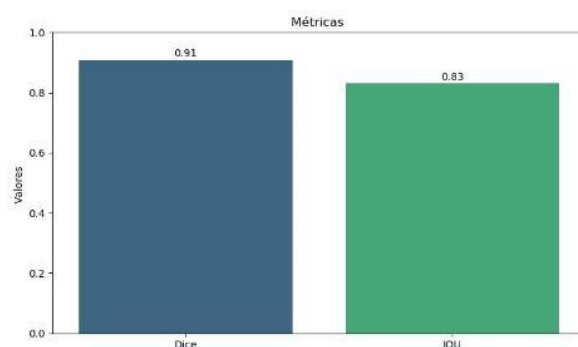


Figura 4. Valores obtenidos de las métricas Dice e IOU.

El índice de Dice (0.91) y el coeficiente de Jaccard (0.83) reflejan una alta precisión y consistencia en la segmentación realizada por el modelo. Además, se evaluaron métricas como exactitud, sensibilidad, especificidad, precisión y F1 score (**Figura 5**), brindando una visión integral del desempeño del modelo en la identificación de regiones de interés.

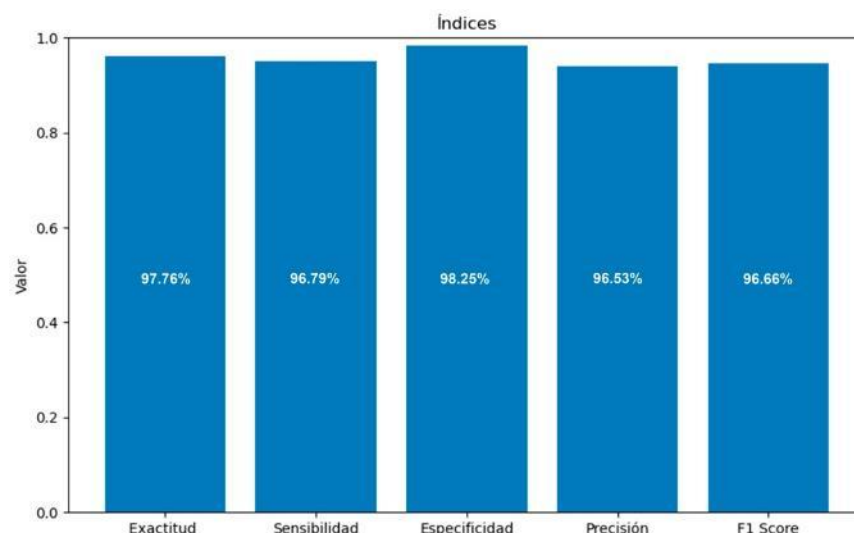


Figura 5. Valores obtenidos de las métricas de evaluación del modelo.

En términos específicos, el modelo alcanzó un 97.76% de Exactitud, Sensibilidad del 96.79% y Especificidad del 98.25%, lo que indica una alta capacidad para detectar correctamente las áreas de interés y minimizar falsos positivos. Además, la Precisión (96.53%) y el F1 Score (96.66%) reflejan un buen equilibrio entre precisión y sensibilidad, confirmando su idoneidad para aplicaciones diagnósticas exigentes. Se utilizó la matriz de confusión (**Figura 6**), para analizar con mayor detalle el desempeño del modelo, permitiendo evaluar aciertos y errores en la segmentación mediante los valores de verdaderos y falsos positivos y negativos.

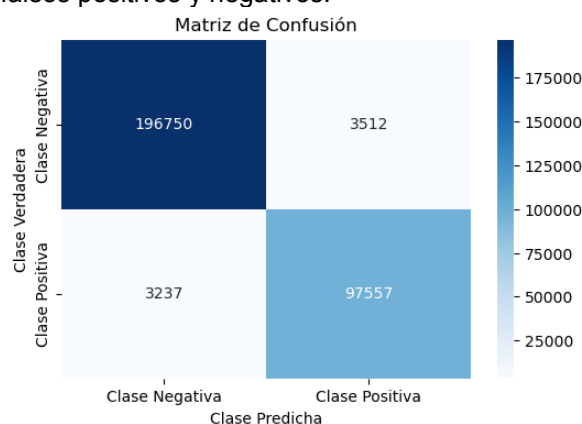


Figura 6. Matriz de Confusión generada por el modelo UNet al segmentar imágenes de termografía infrarroja.

La matriz de confusión evidenció el buen desempeño del modelo U-Net en la segmentación a nivel de píxeles, con un alto número de verdaderos positivo y negativo, y pocos errores. Esto confirma su precisión para diferenciar áreas relevantes en las imágenes.

La **Figura 7** muestra ejemplos visuales del proceso de segmentación, incluyendo imágenes originales, máscaras reales y las predicciones del modelo.

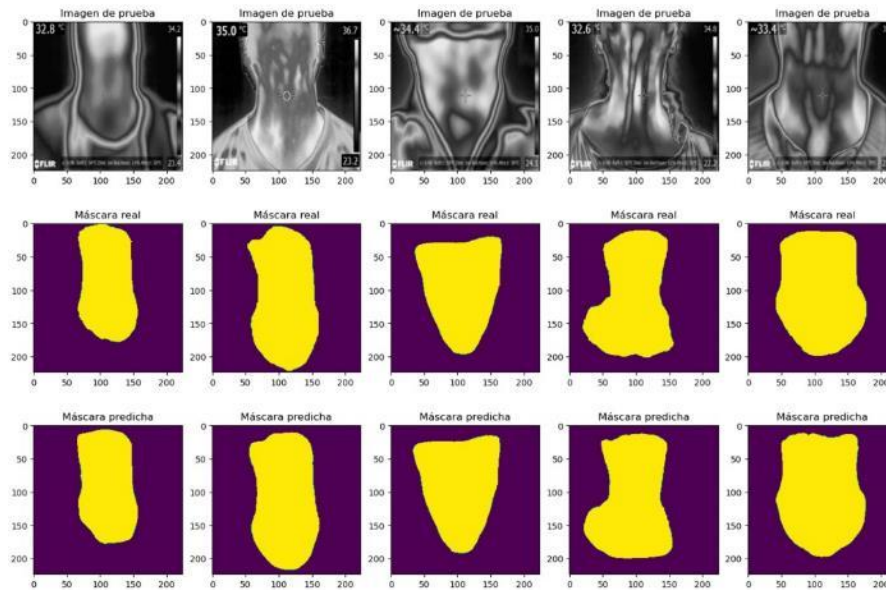


Figura 7. Comparativa visual del resultado de la segmentación entre las máscaras reales y las predichas en imágenes de termografía infrarroja de perfil frontal que cubren el cuello.

En la primera fila, se muestran las imágenes originales de termografía, donde se pueden observar las diferentes distribuciones térmicas en la región del cuello. En la segunda fila, se presentan las máscaras reales, las cuales representan la segmentación manual de la glándula tiroides. Estas máscaras sirven como referencia para evaluar la precisión del algoritmo de segmentación desarrollado, ya que reflejan el contorno exacto de la región de interés. En la tercera fila, se muestran las máscaras predichas generadas por el modelo de segmentación automática. Estas máscaras predichas son el resultado del algoritmo propuesto, el cual busca replicar el área segmentada en la máscara real, delimitando el contorno de la glándula tiroides con alta precisión. La comparación visual entre las máscaras reales y las predichas permite evaluar la precisión del modelo. A simple vista, se puede observar que las máscaras predichas muestran una concordancia considerable con las máscaras reales, lo cual indica que el modelo de segmentación es efectivo para identificar y segmentar la glándula tiroides en las imágenes de termografía infrarroja. Esta precisión en la segmentación es fundamental para garantizar que los análisis térmicos posteriores se realicen en la región anatómica correcta, lo que contribuye a la fiabilidad de los resultados del sistema computarizado.

Los resultados de esta etapa fueron satisfactorios, logrando una correcta delimitación en la mayoría de las imágenes analizadas, lo que facilita la identificación de patrones térmicos específicos.

Clasificación

Para la clasificación de las imágenes segmentadas, se utilizó un clasificador basado en una red neuronal convolucional para clasificar las imágenes segmentadas en sujetos sanos y con nódulos tiroideos. El modelo fue entrenado con imágenes de termografía infrarroja etiquetadas y se aplicaron técnicas de aumento de datos (rotación, escalado, traslación) para mejorar su generalización. Se ajustaron hiperparámetros como la tasa de aprendizaje (0.0001), tamaño del lote (16) y número de capas mediante validación cruzada. La arquitectura incluyó capas de convolución, pooling, totalmente conectadas y una salida softmax para clasificación binaria. Se usó entropía cruzada como función de pérdida y el optimizador Adam para acelerar la convergencia.

Para garantizar la estabilidad y efectividad del clasificador, se monitorearon las curvas de aprendizaje de pérdida y precisión durante el entrenamiento (**Figura 8**).

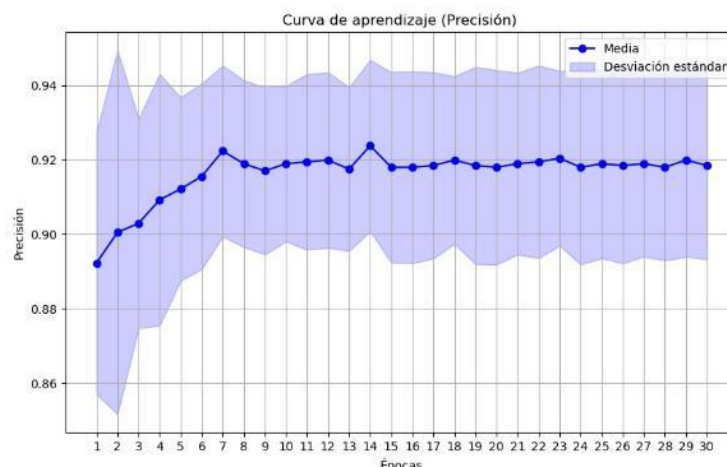


Figura 8. Curva de aprendizaje de precisión.

La curva de aprendizaje de precisión muestra un incremento rápido en las primeras épocas, seguido de una convergencia en torno a la época 10, donde se estabiliza en un valor de aproximadamente 0.92 y el rango de la desviación estándar es pequeño, de pocos puntos porcentuales ± 4 . La disminución de la desviación estándar después de esta época indica que el modelo ha alcanzado un rendimiento consistente y fiable, sin señales evidentes de sobreajuste. Esto sugiere que el modelo ha logrado una generalización adecuada sobre el conjunto de datos de entrenamiento, alcanzando su capacidad óptima de clasificación en el conjunto de datos disponible.

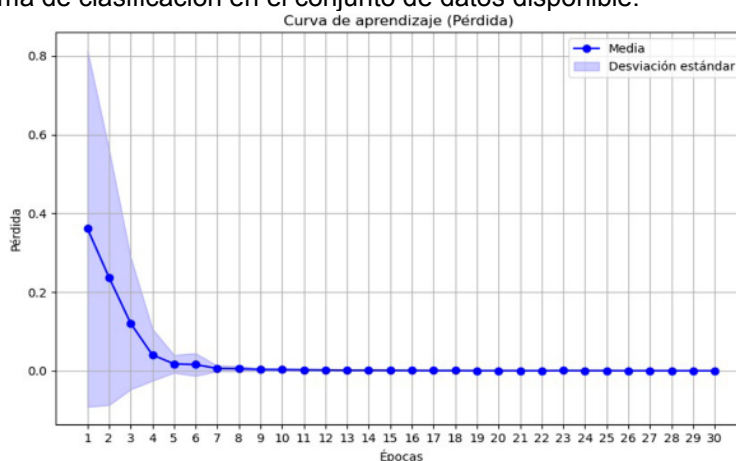


Figura 9. Curva de aprendizaje de pérdida.

La curva de aprendizaje de pérdida (**Figura 9**) muestra una disminución pronunciada durante las primeras cinco épocas, alcanzando valores cercanos a cero y manteniéndose estable en las épocas siguientes, lo que indica un aprendizaje efectivo y sin sobreajuste. Este comportamiento sugiere que el modelo alcanzó un ajuste óptimo. Tras lograr un rendimiento estable, se evaluó su desempeño mediante métricas como precisión, exactitud, sensibilidad y F1-score, confirmando su capacidad para clasificar correctamente a sujetos sanos y con nódulos tiroideos.

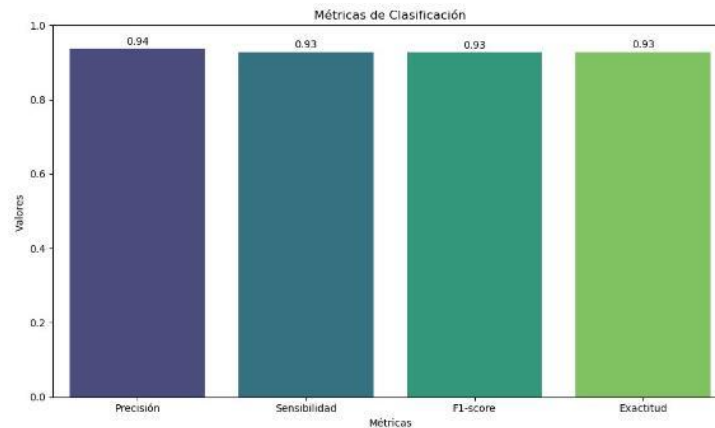


Figura 10. Valores obtenidos de las métricas de clasificación.

En el gráfico anterior (**Figura 10**) cada barra representa el valor obtenido para una métrica específica en el modelo de clasificación, con valores que rondan entre 0.93 y 0.94. Esto indica un alto rendimiento en términos de:

- **Precisión (0.94):** La mayoría de las predicciones positivas son correctas.
- **Sensibilidad (0.93):** El modelo identifica bien los casos positivos.
- **F1-score (0.93):** Refleja un buen equilibrio entre precisión y sensibilidad.
- **Exactitud (0.93):** Proporciona una visión general de la proporción de predicciones correctas.

En conjunto, estos resultados sugieren que el modelo es consistente y confiable para clasificar correctamente entre sujetos sanos y aquellos con nódulos tiroideos.

Matriz de Confusión

Para evaluar en detalle el rendimiento del modelo propuesto, se presenta a continuación la matriz de confusión, que proporciona una visión más precisa sobre los aciertos y errores cometidos en la clasificación de los sujetos. Esta herramienta nos permite identificar no solo la cantidad de clasificaciones correctas, sino también los tipos de errores (falsos positivos y falsos negativos), lo que es crucial para comprender el comportamiento del modelo frente a diferentes clases. Este análisis complementa las métricas previamente discutidas y ofrece una base más sólida para la interpretación de los resultados (**Figura 11**).

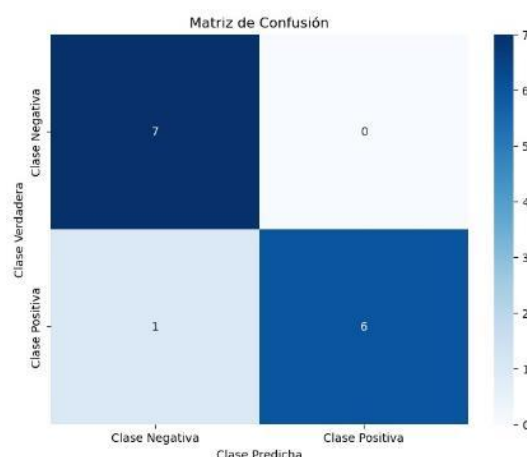


Figura 11. Matriz de confusión.

La matriz de confusión presentada muestra el rendimiento del modelo en la clasificación de dos clases: "Clase Negativa" y "Clase Positiva", durante la etapa de testing. El modelo clasificó correctamente 7 casos negativos y 6 positivos, cometiendo solo un error al clasificar un caso positivo

como negativo. No hubo errores en los que un caso negativo fuera predicho como positivo. Estos resultados indican un buen desempeño general del modelo, con una capacidad adecuada para distinguir entre ambas clases y un margen mínimo de error en la clasificación de la clase positiva.

Comparación con Otros Métodos de Clasificación

Para evaluar la efectividad del sistema propuesto, se realizó una comparativa entre los resultados obtenidos por la red neuronal y otros algoritmos de clasificación ampliamente utilizados, como Máquinas de Vectores de Soporte (SVM), Árbol de Decisión y *Random Forest* (Tabla 1). Esta comparación se centró en las métricas clave de desempeño, con el objetivo de analizar cuál de estos enfoques proporciona mejores resultados.

Tabla 1. Comparación de los métodos de clasificación con segmentación.

Métodos de Clasificación	Métricas			
	Precisión	Accuracy	Recall	F1 score
SVM RBF	0.89	0.92	0.94	0.9
SVM POLYNOMIAL	0.9	0.93	0.92	0.91
SVM LINEAL	0.87	0.92	0.92	0.9
SVM SIGMOIDE	0.83	0.86	0.79	0.81
ARBOL DE DECISIÓN	0.82	0.86	0.8	0.82
RANDOM FOREST	0.87	0.89	0.92	0.86
CNN	0.93	0.93	0.93	0.93

Tabla 2. Comparación de los métodos de clasificación sin segmentación.

Métodos de Clasificación	Métricas			
	Precisión	Accuracy	Recall	F1 score
SVM RBF	0.75	0.78	0.76	0.75
SVM POLYNOMIAL	0.78	0.81	0.80	0.79
SVM LINEAL	0.72	0.74	0.73	0.73
SVM SIGMOIDE	0.68	0.71	0.69	0.68
ARBOL DE DECISIÓN	0.70	0.73	0.72	0.71
RANDOM FOREST	0.74	0.77	0.75	0.75
CNN	0.85	0.87	0.84	0.85

Los resultados muestran que la segmentación mejora el rendimiento del modelo al enfocarse en las zonas relevantes del cuello. Al comparar distintos clasificadores, la red neuronal convolucional (CNN) obtuvo el mejor desempeño, con una precisión, exactitud, recall y F1-score de 0.93 o superiores, superando a SVM, Árbol de Decisión y *Random Forest*. Esto confirma que la CNN es la opción más eficaz para la clasificación en este estudio.

CONCLUSIONES

El sistema computarizado propuesto, basado en redes neuronales, demuestra ser una herramienta prometedora para la clasificación de nódulos tiroideos mediante termografía infrarroja. Los resultados obtenidos validan la viabilidad del uso de esta técnica en combinación con redes neuronales, proporcionando una alternativa complementaria a los métodos tradicionales de diagnóstico. La presente investigación representa un avance significativo en el uso de tecnologías basadas en Inteligencia Artificial para aplicaciones biomédicas, sentando las bases para futuros desarrollos en el área de diagnóstico asistido por computadora. La combinación de termografía infrarroja y redes neuronales demuestra su potencial como una herramienta complementaria en la

detección temprana de nódulos tiroideos, con posibles implicaciones clínicas relevantes para la mejora del diagnóstico y tratamiento de enfermedades tiroideas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kharchenko, V. P., Kotlyarov, P. M., Mogutov, M. S., Alexandrov, Y. K., Sencha, A. N., Patrunov, Y. N., & Belyaev, D. V. (2010). *Ultrasound Diagnostics Of Thyroid Diseases*. Springer Science & Business Media.
2. Cancer Facts & Figures 2024. Atlanta: American Cancer Society; 2024.
3. Vanderpump, M. P. J., Tunbridge, W. M. G., French, J., Appleton, D., Bates, D., Clark, F. & Young, E. T. (1995). The Incidence Of Thyroid Disorders In The Community: A Twenty - Year Follow - Up Of The Whickham Survey. *Clinical Endocrinology*, 43(1), 55-68.
4. Sivasubramanian, K., & Anand, S. (2018). Infrared Thermal Imaging System For Diagnosis Of Thyroid Disorders: A Case Study. *Journal Of Medical Systems*, 42(8), 151.
5. Cabrera, S. F. M., Cárdenas, V. T. N., Muñoz, M. Í. B., & Fernández, J. V. R. (2020). Asociación Entre Las Pruebas De Función Tiroidea Y Características Tumoriales En Cáncer De Tiroides.
6. Muthre, E. V., Caicedo, C. L., Loor, S. C., & Bermeo, C. B. (2018). Actualización Sobre El Cáncer De Tiroides. *Recimundo: Revista Científica De La Investigación Y El Conocimiento*, 2(3), 16-42
7. Terukina Oshiro, N. L., & Tanaka Takashigue, F. (2016). Método No Invasivo De Detección De Patologías Con Termografía Infrarroja.
8. Turing, A. M. (2009). *Computing Machinery And Intelligence* (Pp. 23-65). Springer Netherlands.
9. Fjelland, R. (2020). Why General Artificial Intelligence Will Not Be Realized. *Humanities And Social Sciences Communications*, 7(1), 1-9.
10. Maceachern, S. J., & Forkert, N. D. (2021). Machine Learning For Precision Medicine. *Genome*, 64(4), 416–425. <https://doi.org/10.1139/Gen-2020-0131>
11. Rainio, O., Teuho, J., & Klen, R. (2024). Evaluation Metrics And Statistical Tests For Machine Learning. *Scientific Reports*, 14, 6086.
16. Heras, D. (2017). Clasificador De Imágenes De Frutas Basado En Inteligencia Artificial Fruit Image Classifier Based On Artificial Intelligence. *Revista Killkana Técnica*, 1(2), 21-30.
17. Sarasa, C. C. G., & Pabón, J. D. O. (2020). Técnicas De Aumento De Datos Para Imágenes Aéreas Y Evaluación De Rendimiento En Modelos De Deep Learning. *Revista Universidad Católica De Oriente*, 31(45), 100-115.
18. Aggarwal, R., Sounderajah, V., Martin, G., Ting, D. S., Karthikesalingam, A., King, D., & Darzi, A. (2021). Diagnostic Accuracy Of Deep Learning In Medical Imaging: A Systematic Review And Meta-Analysis. *Npj Digital Medicine*, 4(1), 65.

FRECUENCIA DE ANTECEDENTES HEREDOFAMILIARES COMO FACTOR DE RIESGO EN ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES EN ESTUDIANTES

Adriana Nallely Ramírez Martínez¹, Mario González Gutiérrez², Sandra Lizeth Miramontes Gómez², Rosalinda Gutiérrez Hernández¹, Claudia Araceli Reyes Estrada¹, María Teresa Badillo Montes³ y Jesús Adrián López¹

¹Universidad Autónoma De Zacatecas, ²Universidad Autónoma de Durango campus Zacatecas,

³Instituto Mexicano del Seguro Social

anrm990324@gmail.com

RESUMEN

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) representan una de las principales causas de morbilidad a nivel mundial, y su aparición está estrechamente relacionada con factores genéticos y conductuales. Este estudio tuvo como objetivo identificar la prevalencia de antecedentes heredofamiliares (AHF) de enfermedades crónicas relacionadas con riesgo cardiovascular en estudiantes universitarios del área de ciencias de la salud de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Mediante un estudio observacional, transversal y analítico, se encuestó a estudiantes de distintas licenciaturas, encontrando que el 85.3% reportó al menos un AHF de enfermedad crónica, destacando la diabetes mellitus tipo 2 (67.2%) y la hipertensión arterial (65.6%) como las más frecuentes. Además, se identificaron antecedentes de dislipidemias (48.1%) y obesidad (37.4%), todos ellos factores de riesgo modificables que pueden potenciar la susceptibilidad genética. Estos resultados evidencian la necesidad de implementar estrategias preventivas dirigidas a la población joven, especialmente en ambientes universitarios, donde los hábitos adoptados pueden influir significativamente en el riesgo cardiovascular futuro.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades cardiovasculares constituyen uno de los principales problemas de salud pública a nivel global, no solo por su elevada prevalencia y mortalidad, sino también por los costos que representan para los sistemas de salud. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018), las enfermedades no transmisibles como la hipertensión, diabetes y obesidad representan una carga creciente, particularmente en países en vías de desarrollo, donde se observa una tendencia ascendente incluso en adolescentes y adultos jóvenes.

Diversos estudios han demostrado que la predisposición genética juega un papel determinante en el desarrollo de enfermedades crónicas, particularmente cuando se combina con factores de riesgo adquiridos como el tabaquismo, el sedentarismo y los malos hábitos alimenticios. La obesidad, por ejemplo, está estrechamente vinculada a la resistencia a la insulina, la dislipidemia y otras alteraciones metabólicas que incrementan el riesgo de enfermedad cardiovascular. La interacción entre herencia familiar y estilo de vida ha sido bien documentada, evidenciando que un individuo con antecedentes familiares de enfermedad cardiovascular presenta mayor probabilidad de desarrollar estos padecimientos, sobre todo si no se adoptan medidas preventivas desde etapas tempranas.

En este contexto, resulta crucial identificar desde edades jóvenes a aquellas personas con mayor riesgo cardiovascular, particularmente en entornos universitarios donde los hábitos pueden consolidarse de forma positiva o negativa. Es por ello que este trabajo se enfocó en estudiantes de licenciaturas que pertenecen al área de ciencias de la salud con el propósito de evaluar la presencia de antecedentes heredofamiliares y su relación con factores de riesgo modificables, con miras a fomentar estrategias de intervención temprana y educación en salud preventiva.

TEORÍA

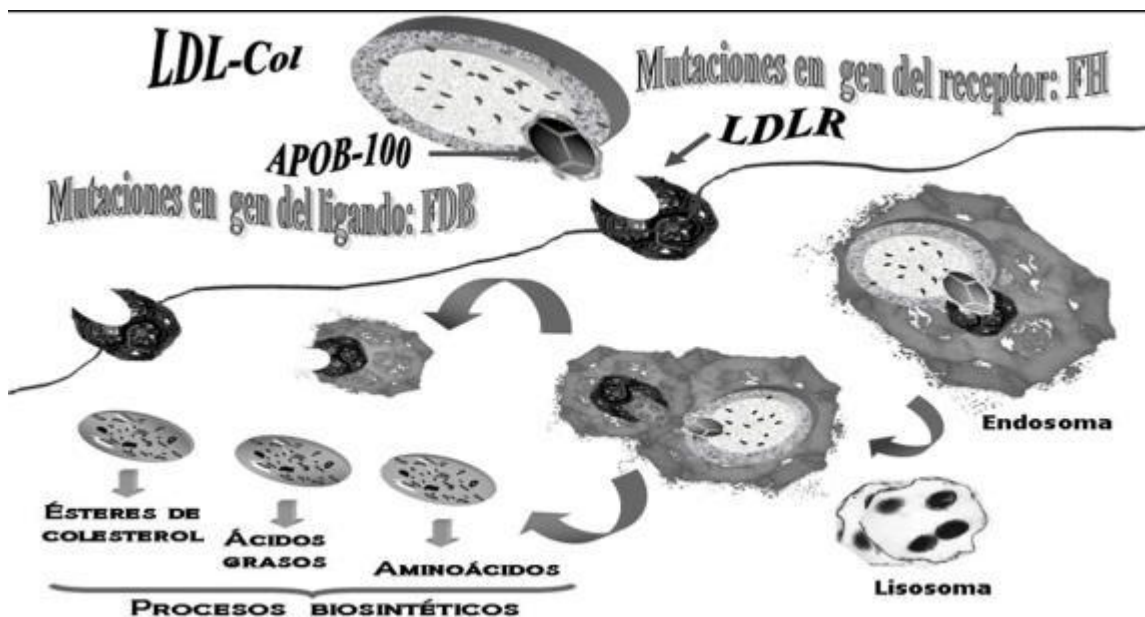
Estudios previos han evidenciado que los factores genéticos interactúan con el estilo de vida, la dieta y la actividad física, lo que determina en gran medida la susceptibilidad de un individuo a desarrollar enfermedades cardiovasculares. La obesidad, como factor de riesgo modificable, se encuentra

fuertemente asociada a la resistencia a la insulina, dislipidemias y patologías cardiovasculares, lo que refuerza la importancia de evaluar los antecedentes familiares como predictor del riesgo. Según la OMS (2018), las enfermedades crónicas no transmisibles representan una carga significativa a nivel global, contribuyendo a la morbilidad, mortalidad, disminución de la calidad de vida y elevados costos sanitarios en adultos de todos los países, incluidos aquellos con mayor desarrollo económico.

Entre estas enfermedades, la hipertensión arterial, el tabaquismo, la obesidad, la diabetes y las dislipidemias son comunes en la población adulta; sin embargo, en los últimos años se ha observado un incremento alarmante de estos factores de riesgo en niñas, niños y adolescentes. Esta tendencia es especialmente relevante, ya que las bases para las ECV suelen establecerse desde la infancia. Por otro lado, aunque los factores ambientales y el estilo de vida desempeñan un papel relevante en el desarrollo de las ECV, la herencia genética también es un componente a considerar.

Ardila et al. (2020) mencionan que, aunque los factores ambientales y el estilo de vida desempeñan un papel relevante en el desarrollo de las ECV, la herencia genética también es un componente importante. Comprender cómo la predisposición genética y los antecedentes familiares influyen en el riesgo de ECV puede abrir nuevas oportunidades para mejorar las estrategias de prevención y tratamiento. Existen diversos mecanismos genéticos relacionados con las ECV, destacando genes como la apolipoproteína B y el receptor de lipoproteínas de baja densidad (LDLR), los cuales desempeñan un papel clave en el metabolismo de los lípidos y en el desarrollo de aterosclerosis (ver figura 1).

Figura No. 1. Transporte de colesterol: Endocitosis mediada por receptores



Fuente: Arrái-Rodríguez, 2007.

La Fundación Española del Corazón (2018) destaca que se ha demostrado la presencia de un componente genético en condiciones como hipertensión, hipercolesterolemia familiar y diabetes tipo 2, todos ellos estrechamente vinculados al desarrollo de enfermedades cardiovasculares. Además, el riesgo de sufrir problemas cardiovasculares aumenta significativamente si un familiar masculino de primer grado (padre o hermano) ha tenido un infarto antes de los 55 años, o si un familiar femenino de primer grado (madre o hermana) lo ha sufrido antes de los 65 años. En casos donde ambos padres han presentado problemas cardiovasculares antes de los 55 años, el riesgo para sus hijos se incrementa hasta en un 50%. Asimismo, factores como el consumo de tabaco y alcohol, junto con la

influencia biológica de antecedentes familiares de obesidad, juegan un papel importante, por ejemplo, en familias con un solo hijo, si uno de los padres es obeso, el niño tiene 2.2 veces más probabilidades de ser obeso. En familias con dos hijos, si el hermano mayor padece de obesidad, el menor tendrá 11.4 veces más probabilidades de desarrollar obesidad, debido a la transmisión de malos hábitos alimenticios y estilos de vida sedentarios (Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT), 2018).

Medina et al. (2027) mencionan que la predisposición genética del individuo es un elemento importante a tener en cuenta, aunque muchas veces se hace difícil precisar hasta qué punto la influencia de los genes pueden repercutir, sin embargo, es innegable que el tener un familiar portador de una de hipertensión arterial, diabetes mellitus e hipercolesterolemia incrementa el riesgo de desarrollar una enfermedad cardiovascular en un futuro si se tiene asociado algún otro riesgo. Por lo antes mencionado, se plantea que la mayoría de los adolescentes hipertensos tienen antecedentes patológicos familiares de hipertensión arterial como factor de riesgo cardiovascular importante (98%), sin distinción de género. Asimismo, la asociación de factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares ha sido bien establecida a través de estudios epidemiológicos tanto en niños como en adultos. Aunque la incidencia general de hipertensión es baja, un número mayor hoy son identificados como poseedores de factores genéticos o metabólicos para una presión arterial elevada, lo que hace necesario que sean conocidos y manejados por el pediatra para aplicar medidas cuando todavía el niño está normotenso, y así, prevenir la aparición de la hipertensión o retardarla lo más posible (Manni et al., 2022).

PARTE EXPERIMENTAL

Se llevó a cabo un estudio de tipo observacional, transversal y analítico, diseñado para identificar la presencia de factores de riesgo cardiovascular en estudiantes universitarios con base en sus antecedentes heredofamiliares. El estudio se realizó en la Universidad Autónoma de Zacatecas, campus Siglo XXI, y se enfocó en estudiantes inscritos en programas del área de ciencias de la salud, incluyendo las licenciaturas en Químico Farmacéutico Biólogo (QFB), Licenciatura en Salud Pública (LSP), Medicina Cirujano Dentista (MCD), Nutrición (LN) y Medicina General (MG).

La muestra fue seleccionada mediante un muestreo aleatorio estratificado, con el objetivo de garantizar la representación proporcional de cada licenciatura. A cada participante se le aplicó un cuestionario estructurado, previamente validado, que incluyó preguntas cerradas relacionadas con antecedentes heredofamiliares de enfermedades crónicas como diabetes mellitus tipo 2, hipertensión arterial, obesidad, dislipidemias, infarto agudo al miocardio (IAM) y enfermedad cerebrovascular. Además, se incluyeron preguntas sobre hábitos de vida que pudieran influir en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, como el consumo de tabaco, la práctica de actividad física y antecedentes personales de salud.

Este enfoque permitió obtener un panorama integral de los factores genéticos y conductuales que podrían influir en el riesgo cardiovascular de los estudiantes, con especial énfasis en el reconocimiento temprano de patrones familiares de enfermedad y su posible relación con los estilos de vida adoptados durante la etapa universitaria.

RESULTADOS

Del total de estudiantes encuestados, el 85.3% reportó contar con antecedentes heredofamiliares (AHF) de por lo menos una enfermedad crónica no trasmisible. Esto destaca una carga genética significativa dentro de la población que formó parte del estudio, lo que podría representar un riesgo para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y metabólicas en etapas posteriores de la vida.

Entre las enfermedades más reportadas, se identificó en primer lugar la diabetes mellitus tipo 2 con una prevalencia del 67.2%, seguida por hipertensión arterial con un 65.6%. Ambas patologías son reconocidas como condiciones con fuerte componente genético, además de estar íntimamente relacionadas con estilos de vida poco saludables. La dislipidemia ocupó el tercer lugar, con un 48.1%,

mientras que los antecedentes de sobrepeso u obesidad representaron un 37.4%. Aunque esta última cifra fue menor en comparación con otras condiciones, su relevancia clínica sigue siendo importante debido a que el sobrepeso actúa como un factor iniciador y predisponente de otras enfermedades metabólicas.

Estos resultados son consistentes con estudios previos como el de Negro et al. (2017), quienes reportaron una prevalencia de antecedentes heredofamiliares en el 75.7% de los participantes. No obstante, los hallazgos en este trabajo superan considerablemente los de Ramos et al. (2021), quienes documentaron antecedentes en el 44% de su muestra. La diferencia podría explicarse por el hecho de que la población de este estudio corresponde a estudiantes universitarios del área de la salud, quienes podrían tener mayor conocimiento y conciencia sobre la historia médica de sus familiares y su importancia clínica.

En cuanto al análisis por carrera académica los resultados arrojaron una distribución variada en cuanto a los tipos de antecedentes predominantes. En la Licenciatura en Médico Cirujano Dentista (MCD) se observó una mayor frecuencia de antecedentes de segunda línea (en este caso Abuelos) para patologías como diabetes mellitus, hipertensión arterial e infarto agudo al miocardio (Tabla 1). Esto sugiere que, si bien el riesgo inmediato podría parecer menor al no encontrarse en familiares de primer grado, la carga genética sigue siendo significativa y debe considerarse para fines preventivos.

Por otro lado, en la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo (QFB) se reportaron más antecedentes de derrame cerebral y trastornos del perfil lipídico, lo cual puede reflejar características genéticas particulares o influencias socioculturales específicas de las familias de estos estudiantes (Tabla 1). Este hallazgo cobra importancia si se considera la relación entre dislipidemias y eventos vasculares agudos, como el accidente cerebrovascular.

En la mayoría de las enfermedades, los antecedentes reportados correspondieron principalmente a los abuelos, aunque también se observaron casos sobre la primer línea como los padres. Este dato tiene importancia clínica ya que los antecedentes en familiares de primer grado se asocian con un mayor riesgo de desarrollar la patología, especialmente cuando se presentan a edades tempranas. En patologías como el infarto agudo al miocardio y el derrame cerebral, aunque la prevalencia fue menor en comparación con otras enfermedades, los antecedentes en familiares de primer grado, constituyen un indicador de riesgo cardiovascular mayor, lo cual refuerza la necesidad de intervenciones tempranas.

En el caso de las dislipidemias, se observó que el 28.6% de los estudiantes reportaron antecedentes en familiares de primer grado, mientras que un 19.5% lo hizo en familiares de segundo grado. Dado que estas alteraciones del perfil lipídico pueden presentarse desde etapas tempranas de la vida y tienen un alto componente hereditario, el hallazgo adquiere también relevancia preventiva.

Se puede mencionar que estos resultados evidencian una elevada presencia de factores de riesgo heredofamiliares en la población estudiada, especialmente en enfermedades metabólicas y cardiovasculares. La identificación de estos antecedentes en una etapa temprana de la vida universitaria permite que se pueda percibir una oportunidad estratégica para la implementación de programas de promoción de la salud y prevención primaria de acuerdo a la necesidad de cada unidad académica, que consideren no solo la condición actual de los estudiantes, sino también su predisposición genética y contexto familiar.

Tabla 1. Antecedentes Heredofamiliares

<i>Variable</i>		QFB	MCP	LN	MCD	LSP	TOTAL
		Frec. (%)	Frec. (%)	Frec. (%)	Frec. (%)	Frec. (%)	Frec. (%)
Diabetes	Ninguno	17 (20.7)	11 (13.4)	19 (23.2)	22 (26.8)	13 (15.9)	82 (32.6)
	AHF Abuelos	24 (22.9)	21 (20.0)	18 (17.1)	31 (29.5)	11 (10.5)	105 (41.8)
	AHF Padres	13 (20.3)	10 (15.6)	15 (23.4)	19 (29.7)	7 (10.9)	64 (25.4)
Hipertensión	Ninguno	21 (24.4)	10 (11.6)	17 (19.8)	23 (26.7)	15 (17.4)	86 (34.2)
	AHF Abuelos	17 (21.0)	14 (17.3)	13 (16.0)	27 (33.3)	10 (12.3)	81 (32.2)
	AHF padres	16 (19.0)	18 (21.4)	22 (26.2)	22 (26.2)	6 (7.1)	84 (33.4)
Sobrepeso Obesidad	Ninguno	26 (22.4)	15 (12.9)	24 (20.7)	39 (33.6)	12 (10.3)	116 (46.2)
	Primera línea	9 (18.4)	4 (8.2)	13 (26.5)	18 (36.7)	5 (10.2)	49 (19.5)
	Segunda Línea	10 (22.2)	10 (22.2)	9 (20.0)	7 (15.6)	9 (20.0)	45 (17.9)
	1er y 2da línea	9 (22.0)	13 (31.7)	6 (14.6)	8 (19.5)	5 (12.2)	41 (16.3)
Infarto Agudo al Miocardio	Ninguno	46 (23.7)	30 (15.5)	44 (22.7)	51 (26.3)	23 (11.9)	194 (77.2)
	Primera línea	1 (11.1)	1 (11.1)	3 (33.3)	4 (44.4)	0 (0.0)	9 (3.5)
	Segunda Línea	6 (13.6)	10 (22.7)	4 (9.1)	17 (38.6)	7 (15.9)	44 (17.5)
	1er y 2da línea	1 (25.0)	1 (25.0)	1 (25.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	4 (1.5)
Derrame Cerebral	Ninguno	40 (19.0)	38 (18.0)	43 (20.4)	62 (29.4)	28 (13.3)	211 (84.0)
	Primera línea	2 (20.0)	0 (0.0)	5 (50.0)	2 (20.0)	1 (10.0)	10 (3.9)
	Segunda Línea	12 (40.0)	4 (13.3)	4 (13.3)	8 (26.7)	2 (6.7)	30 (11.9)
Dislipidemias	Ninguno	25 (19.2)	20 (15.4)	27 (20.8)	40 (30.8)	18 (13.8)	130 (51.7)
	AHF Abuelos	16 (32.7)	8 (16.3)	7 (14.3)	13 (26.5)	5 (10.2)	49 (19.5)
	AHF Padres	13 (18.1)	14 (19.4)	18 (25.0)	19 (26.4)	8 (11.1)	72 (28.6)

Fuente: elaboración propia a partir de cédula de recolección de datos.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian una alta carga hereditaria de enfermedades crónicas no transmisibles en la población estudiantil del área de ciencias de la salud, lo cual posiciona a este grupo como una población vulnerable frente al desarrollo temprano de patologías cardiovasculares. El hecho de que el 85.3% de los encuestados reportara antecedentes familiares,

principalmente de diabetes mellitus tipo 2 (67.2%) e hipertensión arterial (65.6%), refuerza la idea de que el componente genético continúa siendo un punto clave para el desarrollo y prevención de cada una de estas.

Asimismo, la prevalencia de dislipidemia (48.1%) y obesidad o sobrepeso (37.4%), aunque se encontraron en menor porcentaje, representan condiciones por decir intermedias, que no solo se relacionan con una predisposición genética, sino también con estilos de vida adoptados durante la etapa universitaria. Esto se vuelve relevante si consideramos que muchos de los antecedentes reportados correspondieron a familiares de primer grado, lo cual incrementa la posibilidad de que los estudiantes desarrollen dichas enfermedades si no se implementan medidas preventivas a partir de su estancia académica.

Al realizar el análisis por licenciatura se mostraron diferencias significativas que podrían estar relacionadas con factores socioculturales, académicos o incluso con la percepción del riesgo que cada grupo tiene ya que a pesar de pertenecer al mismo grupo académico de ciencias de la salud, las perspectivas podrían cambiar, por ejemplo, los estudiantes de MCD reportaron más antecedentes en abuelos, mientras que en QFB predominaron condiciones como derrames cerebrales y dislipidemias, lo cual podría asociarse con diferencias en estilos de vida, hábitos alimenticios y estrés académico.

En este contexto, la identificación de antecedentes heredofamiliares se convierte en una herramienta clave para el diseño de estrategias de intervención adaptadas a las características específicas de cada carrera y grupo poblacional. Más allá de documentar prevalencias, estos hallazgos deben motivar a las instituciones a tomar un rol activo en la promoción de la salud, fomentando entornos que favorezcan la prevención, el autocuidado y la conciencia sobre la historia clínica familiar. Es por ello que para finalizar se puede mencionar que no solo reflejan la situación actual de riesgo, sino que abren una ventana de oportunidad para intervenir tempranamente en la trayectoria de salud de estos futuros profesionales, promoviendo una cultura de prevención que integre el componente genético, conductual y educativo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ardila-Pereira LC, Bustos-León G, Rebolledo-Cobos R, Reyes-Molina T, Ferreira-Rojas G, Blanco-Navarro M. Marcadores antropométricos, físicos y bioquímicos de riesgo cardiovascular en niños menores de 6 años: Estudio transversal analítico [Trabajo de grado]. Bogotá: Universidad El Bosque; 2020 [citado 2025 may 28]. Disponible en: <https://repositorio.unbosque.edu.co/items/78bfbccd-7968-45c5-9059-82df69434f64>
2. Arráiz Rodríguez N. Alteraciones en genes del metabolismo lipídico y enfermedad cardiovascular. Arch Venez Farmacol Ter. 2007;26(1):1-9 [citado 2025 may 28]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-02642007000100002&lng=es&tlng=es
3. Davis C. The future of cardiovascular gene therapy. Drug Discovery World. 2020 feb 4 [citado 2025 may 28]. Disponible en: <https://www.ddw-online.com/the-future-of-cardiovascular-gene-therapy-938-200204/>
4. Fundación Española del Corazón. Antecedentes familiares y riesgo cardiovascular [Infografía]. 2019 oct [citado 2025 may 28]. Disponible en: <https://cardiosalud.org/wp-content/uploads/2019/10/HF-bloque-3-.jpg>
5. Fuster V, Ibáñez B, Mendieta G, et al. Las personas jóvenes son más vulnerables al efecto dañino del colesterol y la tensión arterial elevada. J Am Coll Cardiol. 2023;82(22):2069–83. Disponible en: <https://www.cnice.es/es/noticias/jacc-personas-jovenes-son-mas-vulnerables-al-danino-efecto-colesterol-tension-arterial>
6. Giroto CA, Vacchino MN, Spillmann CA, Soria JA. Prevalencia de factores de riesgo cardiovascular en ingresantes universitarios. Rev Saude Publica. 1996;30(6):576-86. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/s0034-89101996000600012>

7. Healthy-Heart.org. Antecedentes familiares de ECV. 2020 oct 23 [citado 2025 may 28]. Disponible en: <https://www.healthy-heart.org/es/mantenga-su-corazon-sano/antecedentes-familiares-de-cardiopatía/>
8. Organización Mundial de la Salud. Métodos y fuentes de datos de la OMS para las causas de muerte a nivel de país 2000-2019 [Internet]. 2020 [citado 2025 may 28]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/09-12-2020-who-reveals-leading-causes-of-death-and-disability-worldwide-2000-2019>
9. Organización Mundial de la Salud. ¿Qué son las enfermedades cardiovasculares? [Internet]. 2019 [citado 2025 may 28]. Disponible en: https://www.who.int/cardiovascular_diseases/about_cvd/es/
10. Revista Nos. Imagen de corazón humano [Fotografía]. 2022 ago [citado 2025 may 28]. Disponible en: <https://revistanos.cl/wp-content/uploads/2022/08/Corazon--1536x1536.jpg>
11. Sevilla E, Del Refugio Cabral de la Torre M, González IN, Gómez LFP. Exceso de peso y antecedentes heredofamiliares, una oportunidad de acción desde la Universidad. Horizonte Sanitario. 2023;22(3):489-96. Disponible en: <https://doi.org/10.19136/hs.a22n3.5494>
12. The Texas Heart Institute. Factores de riesgo cardiovascular. The Texas Heart Institute®. 2019 ago 25 [citado 2025 may 28]. Disponible en: <https://www.texasheart.org/heart-health/heart-information-center/topics/factores-de-riesgo-cardiovascular/>

MARCADORES PERIFÉRICOS: PROTEÍNA PRECURSORA DEL B-AMILOIDE, APOLIPOPROTEÍNA E Y LA MUTACIÓN A8021G EN PACIENTES CON LA ENFERMEDAD DE ALZHEIMER

Karla Guadalupe Bocanegra Márquez^{1*}, Evelia Martínez Cano ¹.

¹Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Vida. Centro Universitario de los Lagos. UDG.
Enrique Díaz de León 1144 Lagos de Moreno, Jal.
karla.bocanegra0332@alumnos.udg.mx

RESUMEN

La enfermedad de Alzheimer (EA) es un trastorno multifactorial que afecta de forma progresiva e irreversible al sistema nervioso central, es considerada la principal causa de demencia a nivel mundial (1). Las principales características fisiopatológicas son las placas seniles formadas por β -amiloides (β A) y ovillos neurofibrilares por la hiperfosforilación de la proteína Tau (2). Otra de las proteínas involucradas es la apolipoproteína E (ApoE), presente en 3 isoformas (ϵ 2, ϵ 3 y ϵ 4), de las cuales ϵ 4 favorece la acumulación de placas β A y la disfunción mitocondrial en la que disminuye la producción de ATP, aumentan los niveles de ROS y como consecuencia se producen mutaciones en el ADNmt (3, 4). En la actualidad se desconoce el origen de la EA, sin embargo, la detección de biomarcadores para el diagnóstico temprano de la enfermedad puede ser de gran utilidad para mejorar la calidad de vida de los pacientes. El objetivo de este trabajo fue investigar la alteración de la proteína precursora de beta amiloide (β -APP), polimorfismos en la ApoE y la mutación mitocondrial A8021G, como posibles marcadores periféricos para el diagnóstico temprano de la EA. En el estudio se incluyeron 15 pacientes y controles pareados por edad y sexo. Se clasificaron de acuerdo al grado de demencia (leve, moderado y grave), según el inicio de la enfermedad (temprano o tardío), y como familiar o esporádico. A partir de sangre periférica se aislaron plaquetas para determinar la proporción de β -APP en pacientes con la EA, y se aisló ADN para determinar las isoformas de la ApoE (ϵ 2, ϵ 3 y ϵ 4), así como la mutación A8021G mitocondrial (MT-CO2) en pacientes y controles. Para identificar las frecuencias alélicas y la mutación se amplificaron fragmentos específicos por PCR, para la digestión se utilizaron las enzimas *HhaI* y *HpaII*, y se visualizaron en geles de poliacrilamida al 12% teñidos con nitrato de plata (5). Los resultados mostraron un aumento significativo en los niveles de β -APP en pacientes con la EA (0.6165 ± 0.21) en comparación con los controles (0.3585 ± 0.08) ($p < 0.05$). Las frecuencias genotípicas de mayor expresión en pacientes fueron ϵ 4/ ϵ 3 (60%) y ϵ 4/ ϵ 4 (20%), y para los controles ϵ 3/ ϵ 3 (53.3 %) y ϵ 3/ ϵ 2 (33.3%). Respecto a las frecuencias alélicas ϵ 2, ϵ 3 y ϵ 4 para pacientes y controles, fueron (6.6%, 36.6% y 56.6%) y (16.6%, 76.6% y 6.6%), respectivamente. Finalmente, la mutación A8021G estuvo presente en el 13.6% de los pacientes, mientras que en el grupo control no fue detectada. Los resultados obtenidos en esta investigación respecto a β -APP y la isoforma ϵ 4 son consistentes con los reportados, ya que sugieren una asociación significativa con la EA. Sin embargo, a pesar de haber encontrado la mutación A8021G en el 13.6% de los pacientes no es posible asumir una correlación con la enfermedad, para ello es necesario realizar el estudio en un mayor número de casos.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Alzheimer (EA) es la causa neurodegenerativa más común de demencia, actualmente, se estima que 55 millones de personas la padecen y que su prevalencia es mayor en mujeres que en hombres (6, 7). Los procesos neurodegenerativos, caracterizados por atrofia y/o pérdida neuronal de la patología, se han correlacionado con la acumulación de oligómeros neurotóxicos de β -amiloides, la formación de agregados proteicos, la presencia de ovillos neurofibrilares compuestos por proteína Tau hiperfosforilada asociada a microtúbulos, la reducción en el metabolismo cerebral de glucosa, así como con la disfunción sináptica y mitocondrial (6). Los principales daños fisiopatológicos de la enfermedad están determinados por relevantes cambios en

el cerebro como: inflamación, asimetría, pérdida de tejido, peso y volumen, que a su vez son ocasionados por la formación de placas seniles y ovillos neurofibrilares (7).

Las placas seniles son depósitos anormales de proteína βA , formados por la liberación de fragmentos de 42 residuos ($A\beta_{42}$) que se pliegan y producen fibrillas insolubles que se acumulan en el espacio interneuronal. Por su parte, los ovillos neurofibrilares se crean debido al ensamblaje erróneo de los microtúbulos por acción de la proteína tau hiperfosforilada, esto produce un tejido fibroso que se enrolla de manera helicoidal y construye marañas intraneuronales. Ambas afecciones evitan el paso de nutrientes, neurotransmisores y limitan la transmisión de señales eléctricas, impidiendo la sinapsis y provocando la muerte neuronal, causando síntomas como la pérdida gradual de la memoria y el deterioro progresivo de funciones cognitivas (afasia, apraxia y agnosia), que llevan a la dependencia total y conducen a la muerte (8, 9).

La EA se clasifica en dos categorías según su origen, el familiar o genético, y el esporádico. Cada variante se define por su evolución, la edad de aparición y principalmente por eventos ambientales o genes involucrados. La enfermedad de origen familiar o genética es la menos común, representa tan solo el 5% de los casos reportados, su desarrollo es más acelerado y su edad de aparición es antes de los 65 años, por ello, también se define como de inicio temprano. Su herencia se describe como autosómica dominante por repetirse el mismo patrón al menos en dos generaciones y se ha correlacionado con mutaciones en los genes PPA, PSEN1 y PSEN2 (10, 11, 12). En cambio, la EA de origen esporádico conocida también como de inicio tardío es la versión más común, representa aproximadamente el 95% de los casos, su desarrollo es más lento y se presenta a partir de los 65 años de edad. Su origen se atribuye a factores ambientales y estudios han demostrado que la presencia del alelo $\epsilon 4$ de la ApoE se considera un factor de susceptibilidad, ya que aproximadamente el 60% de las personas que portan dicho alelo desarrollan la enfermedad (12, 13, 14).

Por otro lado, el progreso de la EA se define en 3 etapas o estadios, leve, moderado y grave. En el estadio leve, los pacientes presentan olvidos inusuales, problemas de concentración, organización, atención y dificultad para memorizar nueva información. El estadio moderado se caracteriza por presentar problemas cognitivos como afasia, apraxia y agnosia, acompañados de una conducta negativa y episodios de demencia más prolongados. El último estadio es el grave, donde los pacientes presentan pérdida total de la memoria, es totalmente dependiente, e incluso pierde control de sus capacidades fisiológicas lo cual culmina con la muerte (10, 15).

En la actualidad, la EA aun es una enfermedad incurable y de difícil diagnóstico. En 2011 el Instituto Nacional de Trastornos Neurológicos y de la Comunicación y Asociación de Accidentes Cerebrovasculares de Enfermedad de Alzheimer y Trastornos Afines (NINCDS-ADRDA) propuso combinar patrones clínicos y criterios cognitivos para asignar un diagnóstico posible o probable de la enfermedad (16,17). Hoy en día, existen herramientas prometedoras que podrían ser capaces de establecer un diagnóstico definitivo o preciso en etapa temprana, como los biomarcadores. Estos son biomoléculas que pueden ser detectadas o medidas a partir de distintos tejidos o fluidos del cuerpo en cualquier etapa. En el caso de los marcadores periféricos como la sangre, las ventajas son mayores, ya que tiene alta especificidad, es de carácter mínimo invasivo, el riesgo de extracción es casi nulo y su costo es más bajo que otros marcadores, lo que hace que sea más asequible para la población (16,18,19).

Conocer la fisiopatología de la enfermedad, nos permite utilizar herramientas de diagnóstico con un enfoque clínico más preciso y oportuno. En el caso de la EA, los niveles de βA , la presencia del alelo $\epsilon 4$ de la ApoE y las mutaciones mitocondriales, advierten sobre características fundamentales de la patología como; el desarrollo de placas seniles, la susceptibilidad de padecerla y el desequilibrio metabólico ocasionado por el estrés oxidativo, afecciones que pueden analizarse años antes de que aparezcan los síntomas. Por lo cual, El objetivo de este trabajo fue investigar la alteración de la proteína precursora de beta amiloide (β -APP), polimorfismos en la ApoE y la mutación mitocondrial A8021G, como posibles marcadores periféricos para el diagnóstico temprano de la EA.

TEORÍA

Los biomarcadores son sustancias o fluidos periféricos donde se concentran diversas moléculas y sus niveles indican un estado biológico determinado, como normal, patológico o de respuesta. Se clasifican según su aplicación como: Biomarcadores de diagnóstico, monitoreo, farmacodinámicos, predictivos y de pronóstico. Los de diagnóstico identifican o confirman la presencia de una enfermedad o la etapa en la que se encuentra el paciente, este diagnóstico puede ser de etapa temprana. Los de monitoreo evalúan la efectividad de un tratamiento brindado. Los farmacodinámicos muestran la interacción con un fármaco para otorgar el tratamiento correcto. Los predictivos indican la probabilidad que tiene un paciente de mostrar cambios favorables, y los de pronóstico informan sobre el curso de la enfermedad (19, 20, 21).

La EA, al ser una patología multifactorial y de difícil diagnóstico, es susceptible a presentar variaciones anormales en determinados estados biológicos, debido a ello, existen biomarcadores que se han ido implementando como parte de su probable diagnóstico. Por ejemplo, Gómez-Virgilio y Cols mencionan que los niveles de A β 42, la relación A β 42/40, tau total, p-tau181, p-tau231, p-y tau217, son fundamentales en la patología y se pueden determinar a partir de fluidos como líquido cefalorraquídeo y pruebas de neuroimagen (12,19). Otro ejemplo, según Raulin y Cols, es la presencia de los alelos de ApoE, donde la isoforma ϵ 4 representa un factor de susceptibilidad y la ϵ 2 se considera un factor protector, además señalan que cada vez hay mas evidencia que demuestra que ϵ 4 tiene influencia en el aumento de efectos tóxicos (13, 21, 22). Así mismo en las últimas décadas se han implementado las mutaciones como marcadores puntuales, ya que se han visto involucradas en procesos metabólicos erróneos o deficientes característicos de la EA (13, 19, 22).

Los biomarcadores más utilizados para el diagnóstico probable de la EA, son las pruebas de neuroimagen (PET) y el líquido cefalorraquídeo (LCR) para detectar niveles de las proteínas β A y Tau, sin embargo, Altuna-Azkargorta y col 2021 describen que poseen un carácter invasivo y un alto costo, lo que limita su demanda en la aplicación clínica, convirtiendo en una mejor opción a la sangre periférica, por su mínima invasión, el bajo riesgo de extracción y la especificidad al determinar niveles de proteína o identificar polimorfismos y mutaciones. Por ejemplo, Dubois P y Cols 2023, explican que las concentraciones de péptidos A β y p-tau en sangre tienen asociaciones con las concentraciones correspondientes en el LCR y con la positividad de la PET, por lo que se ha convertido en una herramienta prioritaria. (21, 23, 24, 25)

METODOLOGÍA

En el estudio se incluyeron 15 pacientes con diagnóstico clínico de EA, evaluados en el Instituto de la Memoria Fundación Alzheimer, en León Guanajuato, así como 15 sujetos control voluntarios, provenientes de la población general, sin antecedentes de demencia y pareados por edad y sexo con los pacientes. Previo al estudio, se obtuvo el consentimiento informado por escrito de todos los participantes o tutores legales en el caso de los pacientes. Todos los pacientes con EA fueron sometidos a una evaluación clínica por expertos en el área, la cual se basó en exploración física, entrevista clínica y la evaluación neuropsicológica. Para medir la cognición global y la gravedad de la demencia, se utilizó el Mini-Mental State Examination (MMSE) y pruebas de neuroimagen. A la par se realizó un árbol genealógico para verificar la existencia de antecedentes familiares. Posteriormente los casos se clasificaron de acuerdo al origen de la enfermedad (familiar o esporádico), según el inicio como temprano o tardío y acorde al grado de demencia (leve, moderado y grave).

A los grupos de estudio, se les extrajo una muestra de sangre periférica. A partir de dichas muestras se aisló plasma rico en plaquetas (PRP) por centrifugado y ADN genómico por el método de Miller (26).

Determinación de los niveles de β -APP

Los niveles de β -APP se determinaron a partir de la técnica de Western Blot, donde se suspendieron las plaquetas en tampón TRIS e inhibidores de proteasa. La concentración de proteínas se realizó por el método de Lowry. Posteriormente se realizó electroforesis en un gel de poliacrilamida al 10% para después transferir las muestras a membranas de nitrocelulosa, previamente tratadas en leche entera al 5%, con medio PBST y anti-APP, capaces de detectar las isoformas de la β -APP. Después se añadió IgG y peroxidasa a temperatura ambiente durante 2 horas. Los complejos antígeno-anticuerpo se revelaron mediante rayos X y el análisis cuantitativo de Western Blot se realizó mediante imagen asistida computarizada comparando la APP madura y las isoformas de la misma (5, 26).

Identificación de los alelos $\epsilon 2$, $\epsilon 3$ y $\epsilon 4$ de ApoE

Para identificar los alelos del gen APOE, se amplificó un fragmento de 227 pb del exón 4 de la ApoE por medio de PCR, con 30 ciclos de amplificación y las siguientes condiciones; inicio de 94 °C (5 min), desnaturalización de 95 °C (30 s), alineación 60 °C (30 s) y extensión de 70 °C (1 min). El producto de amplificación se sometió a digestión con la enzima HhaI, dicha enzima reveló los fragmentos $\epsilon 2$ (91 y 83 pb), $\epsilon 3$ (91 y 48 pb) y $\epsilon 4$ (72, 48 y 35 pb), los cuales se detectaron en geles de poliacrilamida al 12% teñidos con nitrato de plata (5, 27).

Identificación de la mutación A8021G

Para la identificación de la mutación A8021G, se amplificó un fragmento de 901 pb del gen MT-CO2 del ADNmt por medio de PCR, con 25 ciclos de amplificación y las siguientes condiciones; inicio de 94 °C (5 min), desnaturalización de 94 °C (1 min), alineación 60 °C (1 min) y extensión de 72 °C (2 min). El producto de amplificación se sometió a digestión con la enzima HpaII, la cual realizó los cortes en 537 y 364 pb, para el cambio de adenina por guanina, los cuales se detectaron en geles de poliacrilamida al 12% teñidos con nitrato de plata (27, 28).

Finalmente, para las tres técnicas se realizó un estudio comparativo, con un intervalo de confianza de 95% y un valor p de ($p < 0.05$) con el fin de asociar los resultados como posibles biomarcadores para la EA en etapa temprana.

RESULTADOS

En el estudio se incluyeron 15 pacientes y 15 controles pareados por edad y sexo, el total de la población presentó una edad media de 65.9 ± 11.9 años. La edad promedio de las mujeres fue de 66.7 ± 9.8 años mientras que en los hombres fue de 64.7 ± 26.3 . Ver figura 1.

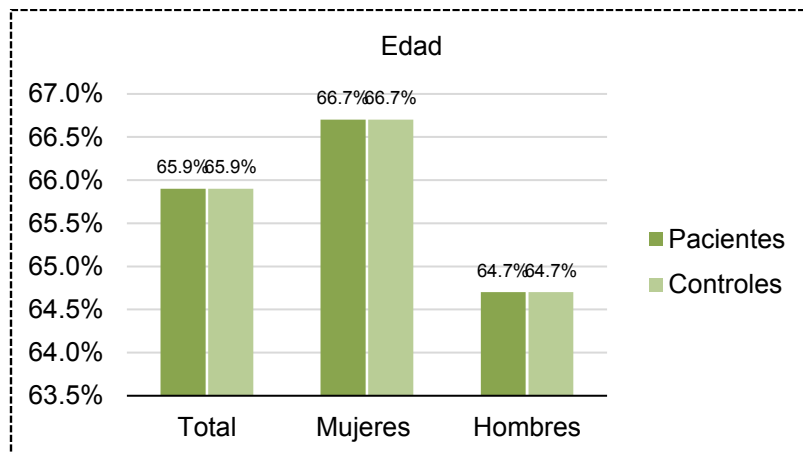


Figura 1. Descripción gráfica de la edad promedio de pacientes y controles.

Los resultados sociodemográficos de las variables como género, origen y estadio de la EA, se aprecian en la tabla 1. Respecto al género se observa que el 60% fué del sexo femenino mientras que el 40% correspondía al sexo masculino, estos datos concuerdan con lo descrito en diversos estudios, al decir que existe una mayor prevalencia de la EA en mujeres que en hombres (7,8,29). Por otro lado, un factor importante para estos resultados, es que en México las mujeres tienen mayor acceso a la salud (pública o privada), un ejemplo de ello es el estudio realizado en 2022 por Bautista-Arredondo S. y cols. Donde encontraron que existe un mayor porcentaje de mujeres que informan una necesidad de salud y buscan atención médica respecto a los hombres (30). En cuanto al origen podemos observar que el 40% de la población corresponde al origen familiar y el 60% al origen esporádico, esto corresponde a lo reportado por Whitfield y cols, 2023, donde menciona que la versión más común de la EA es la de inicio tardío o esporádico y la de menor número de casos reportados corresponde a la de origen familiar (31). Finalmente, el estadio con mayor porcentaje corresponde al grave con 53% seguido del moderado y leve con 27% y 20% respectivamente. Dichos resultados se correlacionan con la ausencia de un diagnóstico temprano, por ello la mayoría de los pacientes son diagnosticados en etapas avanzadas (8, 29).

Tabla 1. Resultados de los datos sociodemográficos de pacientes con la EA.

Variable	Categoría	Porcentaje
Género	Femenino	60%
	Masculino	40%
Origen	Familiar	40%
	Esporádico	60%
Estadio	Leve	20%
	Moderado	27%
	Grave	53%

Respecto a los niveles obtenidos de β -APP, se observa que existe un aumento significativo en pacientes respecto a controles, ver tabla 2, lo cual coincide con Sánchez-González y Cols, al mencionar que el β A es un componente importante en la patogénesis de la EA y su presencia en plaquetas se puede considerar un marcador de la enfermedad (5). Además, una investigación realizada por Nakamura y Cols, 2018, corrobora la eficacia al utilizar sangre periférica, al realizar un estudio y obtener una clara diferencia entre los individuos con niveles altos de β A y los individuos con niveles bajos, y una especificidad mayor al 90% al ser comparado con biomarcadores como PET y β A en líquido cefalorraquídeo (32).

Tabla 2. Distribución de β APP en una población con EA y sujetos control

	Sujetos con EA	Sujetos control
Total	0.6165 $\pm$ 0.21	0.3585 $\pm$ 0.08

*p < 0.05

Los resultados de las frecuencias alélicas con mayor porcentaje en pacientes y controles fueron ϵ 4 (56.6%) y ϵ 3 (76.6%) respectivamente, ver figura 1, mientras que los polimorfismos con mayor porcentaje fueron ϵ 4/ ϵ 3 (60%) en pacientes y ϵ 3/ ϵ 3 (53.3%) en controles, ver figura 2. Estos resultados, tal como los referidos en la literatura, indican una asociación entre el alelo ϵ 4 y la EA por lo cual se puede considerar un factor de susceptibilidad (5, 8, 29).

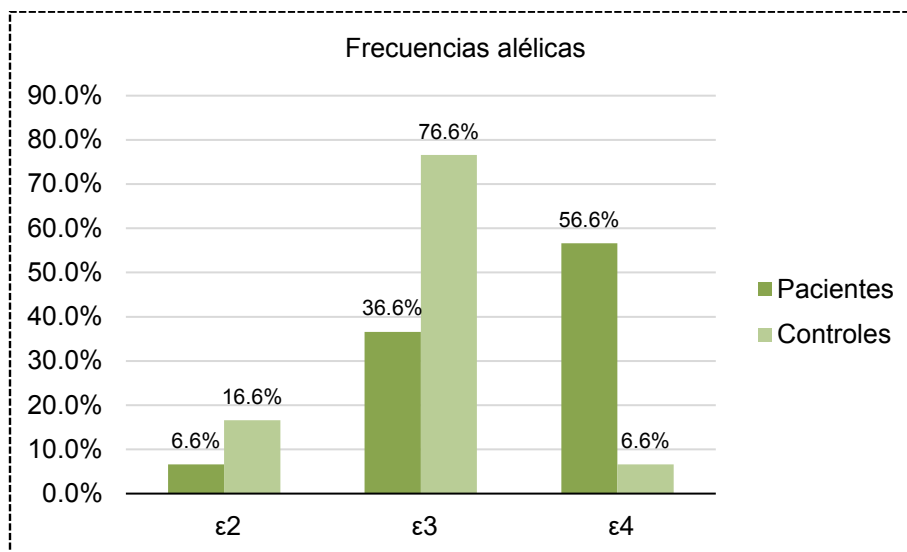


Figura 1. Distribución gráfica de las frecuencias alélicas del gen que codifica para la ApoE en pacientes y controles

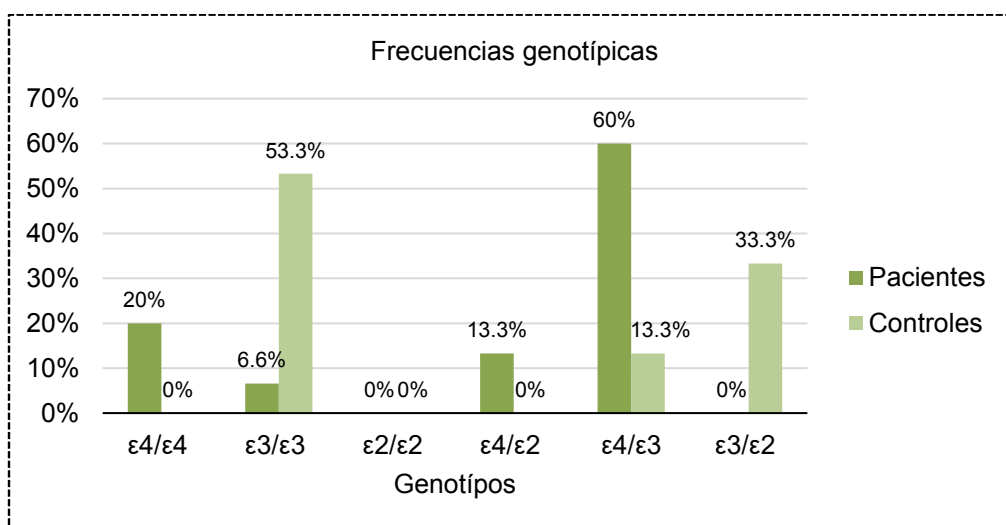


Figura 2. Distribución gráfica de las frecuencias genotípicas en pacientes y controles.

Respecto a la mutación A8021G, en la figura 3, se puede observar que estuvo presente en el 13.6% de los pacientes, mientras que en el grupo control no fue detectada. Sin embargo, para poder relacionar la mutación con la EA, es necesario aumentar el número de casos (28).

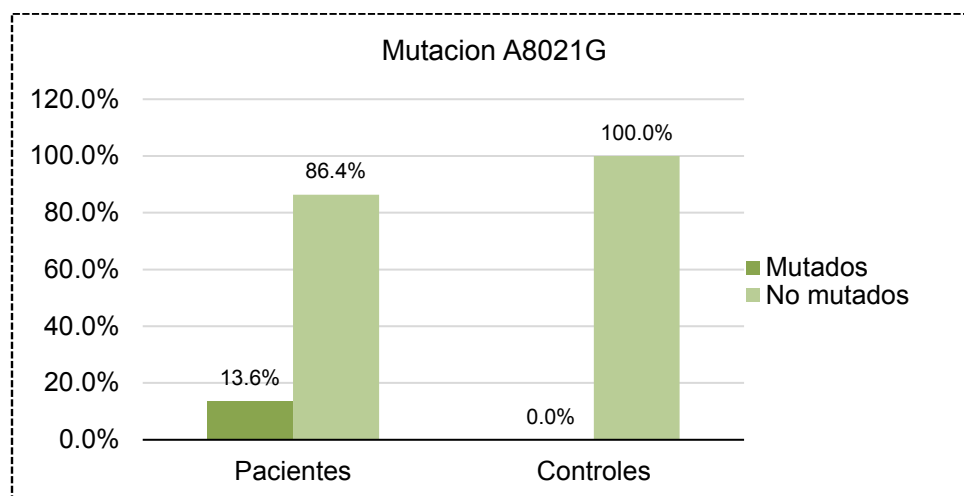


Figura 3. Distribución gráfica de la mutación encontrada en pacientes y controles.

CONCLUSIÓN

En este estudio se demostró que los niveles de β -APP y la presencia de la isoforma $\epsilon 4$ pueden ser detectados a partir de sangre periférica como marcadores indicativos de la EA, por ser factores recurrentes en la patología, arrojar resultados consistentes con otras investigaciones y por su eficacia al ser comparados con los estudios de mayor reproducibilidad, Además de poder detectarse en cualquier etapa, siendo posibles marcadores de diagnóstico temprano. Sin embargo, la presencia de la mutación A8021G, en el 13.6 % de los pacientes no permite asumir una correlación significativa con la enfermedad, no obstante, al estar presente en pacientes y no en controles sugiere una posible conexión con la EA lo que propone como perspectiva la realización del estudio en un mayor numero de casos.

BIBLIOGRAFÍA

1. B. Twarowski, M. Herbet, "Inflammatory Processes in Alzheimer's Disease-Pathomechanism, Diagnosis and Treatment: A Review" *Int J Mol Sci.* Vol 30, 24, 2023, pp. 6518.
2. A. P. Porsteinsson, R. S. Isaacson, S. Knox, M. N. Sabbagh, I. Rubino, "Diagnosis of Early Alzheimer's Disease: Clinical Practice in 2021" *J Prev Alzheimers Dis.* Vol 8, 3, 2021, pp. 371-386.
3. A. C. Raulin, S. V. Doss, Z. A. Trottier, T. C. Ikezu, G. Bu, C. C. Liu, "ApoE in Alzheimer's disease: pathophysiology and therapeutic strategies" *Mol Neurodegener.* Vol. 8, 17, 2022, pp. 72.
4. M. Pires, A. C. Rego, "Apoe4 and Alzheimer's Disease Pathogenesis-Mitochondrial Deregulation and Targeted Therapeutic Strategies" *Int J Mol Sci.* Vol., 1, 24, 2023, pp.778.
5. V. J. Sánchez-González, G. G. Ortiz, P. Gallegos-Arreola, M. A. Macías-Islas, E. D. Arias-Merino, V. Loera-Castañeda, E. Martínez-Cano, I. E. Velázquez-Brizuela, S. A. Rosales-Corral, C. R. Curiel-Ortega, F. Pacheco-Moisés, J. J. García, "Altered beta-amyloid precursor protein isoforms in Mexican Alzheimer's Disease patients" *Dis Markers*, Vol. 22, 3, 2006, pp. 119-25.
6. J. Bogousslavsky, B. Francois, I. Makoto. History of dementia. *Frontiers of Neurology and Neuroscience.* 2023, pp. 44; 118-126.
7. S. Safiri, A. Ghaffari, A. Fazlollahi, S. Morsali, A. Sarkesh, A. Daei Sorkhabi, A. Kolahi. Alzheimer's disease: a comprehensive review of epidemiology, risk factors, symptoms diagnosis, management, caregiving, advanced treatments and associated challenges. *Frontiers in Medicine.* 2024, vol 11.
8. M. Robinson, B. Lee, F. Hane. Recent progress in Alzheimer's disease research, part 2; genetics and epidemiology. *Journal of Alzheimer's disease.* 2017, vol 57; pp. 317-330.

9. J. Fu, X. Lai, Y. Huan, T. Bao, J. Yang, S. Chen, H. Shang. Meta-analysis and systematic review of peripheral platelet-associated biomarkers to explore the pathophysiology of alzheimer's disease. BMC neurology. 2023. Vol, 23(1), pp 66.
10. Z. Breijyeh, R. Karaman. Comprehensive Review on Alzheimer's Disease: Causes and Treatment. Molecules. 2020. Vol 8;25(24): pp.5789.
11. I. Vojtechova, T. Machacek, Z. Kristofikova, A. Stuchlik, T. Petrasek. Infectious origin of Alzheimer's disease: Amyloid beta as a component of brain antimicrobial immunity. PLoS Pathog. 2022. Vol 18(11): e1010929.
12. Y. Zhang, H. Chen, R. Li, K. Sterling, W. Song. Amyloid β -based therapy for Alzheimer's disease: challenges, successes and future. Signal Transduct Target Ther. 2023 Jun 30;8(1):248.
13. AC. Raulin, SV. Doss, ZA. Trottier, TC. Ikezu, G. Bu, CC. Liu. ApoE in Alzheimer's disease: pathophysiology and therapeutic strategies. Mol Neurodegener. 2022 Nov 8;17(1):72.
14. S. Lista, S. E. O'Bryant, K. Blennow, B. Dubois, J. Hugon, H. Zetterberg, H. Hampel, Y. Shen. 2015. Biomarkers in sporadic and familial Alzheimer's disease. Journal of Alzheimer's disease, 47(2); 291–317.
15. A. Atri. The Alzheimer's Disease Clinical Spectrum: Diagnosis and Management. Med Clin North Am. 2019. Vol. 103(2): pp. 263-293.
16. S. Tiwari, V. Atluri, A. Kaushik, A. Yndart, M Nair. Alzheimer's disease: pathogenesis, diagnostics, and therapeutics. Int J Nanomedicine.2019. Vol. 14: pp. 5541-5554.
17. H. Hampel, R. Frank, K. Brorch K, S. Teipel , R. Katz, J. Hardy, K. Herholz, A. Bokde, F. Jessen F, Y. Hoessler, W. Sanhai, H. Zetterberg, J. Woodcock, K. Blennow. Biomarkers for Alzheimer disease: academic industry and regulatory perspectives. Macmillan publishers limited. 2010. Vol. 9; pp. 560-574.
18. S. Khan, K. H. Barve, M. S. Kumar. Recent Advancements in Pathogenesis, Diagnostics and Treatment of Alzheimer's Disease. Curr Neuropharmacol.2020. Vol. 18(11): pp.1106-1125.
19. L. Gómez-Virgilio, G. S. Reyes-Gutiérrez, M. D. Silva-Lucero, G. López-Toledo, M. D. Cárdenas-Aguayo. Etiology, risk factors, treatments and current status of Alzheimer's disease in Mexico. Gac Med Mex. 2022. Vol. 158(4): pp. 235-241.
20. R. M. Califf. Biomarker definitions and their applications. Exp Biol Med (Maywood). 2018 Feb;243(3):213-221.
21. M. Altuna-Azkargorta, M. Mendioroz-Iriarte. Blood biomarkers in Alzheimer's disease. Neurologia (Engl Ed). 2018 May 8:S0213-4853(18)30091-4.
22. MH. Janeiro, CG. Ardanaz , N. Sola-Sevilla, J. Dong, M. Cortés-Erice, M. Solas, E. Puerta, MJ. Ramírez. Biomarcadores en la enfermedad de Alzheimer. Adv Lab Med. 2021 Jan 27;2(1):39–50.
23. K. Blennow, H. Zetterberg. 2018. Biomarkers for Alzheimer's disease: current status and prospects for the future. Journal of international medicine. 284; 643-663.
24. K. Tapan, D. Alkon. 2015. Peripheral biomarkers of Alzheimer's disease. Journal of Alzheimer's disease. 44; 729–744.
25. B. Dubois, CAF. Von Arnim, N. Burnie, S. Bozeat, J. Cummings. 2023. Biomarkers in Alzheimer's disease: role in early and differential diagnosis and recognition of atypical variants. Alzheimers Res Ther. 13;15(1):175.

26. OH. Lowry, NJ. Rosebrough, AL. Farr, RJ. Randall. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J Biol Chem. 1951 Nov;193(1):265-75
27. S. A. Miller, D.D. Dykes, H. F. Polesky. A simple out procedure for extracting DNA from human nucleated cell. 1988. Nucleics Acids Res. 16 (3): 1215.
28. M. Hirano, A. Shtilbans, R. Mayeux, M. M. Davidson, S. DiMauro, JA. Knowles, E. A. Schon. Apparent mtDNA heteroplasmy in Alzheimer's disease patients and in normals due to PCR amplification of nucleus-embedded mtDNA pseudogenes. Proc Natl Acad Sci U S A. 1997 Dec 23;94(26):14894-9
29. P. Scheltens, B. De Strooper, M. Kivipelto, H. Holstege, G. Chételat, CE. Teunissen, J. Cummings, W. M. Van der Flier. 2021. Alzheimer's disease. Lancet. 397(10284):1577-1590.
30. S. Bautista-Arredondo, A. Vargas-Flores, LA. Moreno-Aguilar, MA. Colchero. Utilización de servicios de salud en México: cascada de atención primaria en 2022. Salud Publica Mex. 2023;65(supl 1): S15-S22
31. JF. Whitfield, K. Rennie, B. Chakravarthy. 2023. Alzheimer's Disease and Its Possible Evolutionary Origin: Hypothesis. Cells.13;12(12):1618.
32. A. Nakamura, N. Kaneko, VL. Villemagne, et al. High-performance plasma amyloid- β biomarkers for Alzheimer's disease. Nature. 2018;554(7691):249-254.

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA MIEL DE *Melipona Beecheii* PARA SU USO EN UN HIDROGEL MEDICINAL

María del Socorro Ruiz-Palma, Florencia del Carmen Salinas-Pérez, Mónica Araceli Camacho-González, Carlos Alfredo Zamora- Valencia, Lorena Elizabeth Chávez-Güitrón

Universidad Tecnológica de Tecámac
socorro1palma@gmail.com

RESUMEN

Las abejas forman parte de la biodiversidad de la que todos dependemos para sobrevivir, nos proporcionan alimentos de alta calidad como la miel, que es una sustancia dulce producida por las abejas a partir del néctar de las flores o de exudaciones de otras partes vivas de las plantas o presentes en ellas, que dichas abejas recogen, transforman y almacenan en sus panales. Los beneficios de la miel de abeja se conocen desde hace miles de años y han sido utilizados en la antigüedad por su valor nutritivo y medicinal siendo redescubiertos por la medicina moderna¹.

El propósito de este estudio fue evaluar la calidad fisicoquímica, sensorial y espectroscópica de la miel de la abeja sin aguijón *Melipona beecheii*, así como analizar la seguridad del hidrogel que contiene un 6% de miel de *M. beecheii* para su posible uso en la curación de heridas cutáneas. La miel de esta especie de abeja es conocida por sus propiedades benéficas, su evaluación en estos aspectos es esencial para determinar la viabilidad en aplicaciones terapéuticas y cosméticas. A la miel de *M. beecheii*, se le realizó la caracterización fisicoquímica (pH, conductividad eléctrica, humedad, grados Brix, proteínas) y sensorial (olor, sabor y consistencia). El pH y la conductividad eléctrica, se determinaron por el método electroquímico, en el caso de la humedad y los Grados Brix se valoraron por refractometría, las proteínas por el Método de Bradford. Se realizaron pruebas de espectroscopía UV-VIS de 200 a 380 nm y de 380 a 700 nm, para definir los compuestos presentes. El hidrogel fue elaborado con un 6% de miel de *M. beecheii*, la toxicidad de este se evaluó por reacción dérmica, de acuerdo a la NOM-039-SSA1-1993, "Bienes y servicios. productos de perfumería y belleza. Determinación de los índices de irritación ocular, primaria dérmica y sensibilización", en una población de 50 personas de ambos sexos mayores de edad, las cuales firmaron un consentimiento informado previo a la realización de la prueba. El hidrogel se aplicó durante tres días en el dorso de la mano izquierda, a nivel de la articulación radiocarpiana. Se verificó el estado de la piel en el sitio de la aplicación, a las 24, 48 y 72 horas. La miel de *Melipona beecheii* tiene un pH de 3.16, conductividad eléctrica de 0.316 mS/cm, humedad de 26.8%, 73.2 Grados Brix y 3 mg/mL de proteína. La miel de estas abejas sin aguijón, tuvo un color ámbar claro, olor, sabor y consistencia característicos. En las pruebas de la espectroscopía los compuestos que más destacaron en la miel fueron: los fenólicos y flavonoides. Con respecto al hidrogel en la prueba de reacción dérmica, la escala de evaluación fue de 0, lo que indica que no se presentó reacción visible en la piel. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAG/GAN-2018, "Producción de miel y especificaciones" la materia prima evaluada cumplió con las características sensoriales y fisicoquímicas.

INTRODUCCIÓN

Las abejas forman parte de la biodiversidad de la que todos dependemos para sobrevivir, nos proporcionan alimentos de alta calidad como la miel, que es una sustancia dulce producida por las abejas a partir del néctar de las flores o de exudaciones de otras partes vivas de las plantas, que dichas abejas recogen, transforman y almacenan después en sus panales. Los beneficios de la miel de abeja se conocen desde hace miles de años y ha sido utilizada en la antigüedad por su valor nutritivo y medicinal siendo "redescubierta" por la medicina moderna.

Los meliponinos son un tipo de abejas caracterizadas por la ausencia de aguijón y pequeño tamaño, que se encuentran ampliamente distribuidas en las regiones tropicales (Quezada Euán, 2005). En México, los indígenas criaban a los meliponinos desde antes de la llegada de los españoles.

Actualmente las especies más utilizadas para la producción de miel son: *Melipona beecheii* y *Scaptotrigona mexicana*, la primera en el área maya y la segunda en el área náhuatl.

TEORÍA

Hábitat y características morfológicas de *Melipona beecheii*.

La abeja nativa, *Melipona beecheii* (figura 1), es una especie originaria de América; taxonómicamente se ubica dentro de la familia Apidae, subfamilia Apinae y la tribu Meliponini. Esta especie productora de miel es una de las más importantes en Guatemala y México, en la antigüedad fue la principal abeja nativa cultivada por los mayas debido a su alta capacidad productora, fácil manejo y abundancia en el área. Su distribución va desde México hasta Costa Rica.

A diferencia de las abejas solitarias, viven en colonias permanentes con una reina y varias docenas o miles de obreras y zánganos. Sus principales características son la ausencia de un aguijón funcional por lo que son conocidas como abejas sin aguijón; así como su alta y estructurada sociabilidad.

Estas abejas nidifican tanto en cavidades que encuentran disponibles (agujeros en árboles o muros, nidos abandonados o activos y de otros insectos) y en sitios expuestos. Construyen estructuras como ánforas o potes, para almacenar la miel y el polen, que pueden ser del tamaño de una avellana hasta el tamaño de un huevo de gallina, dependiendo de la especie de las mismas. Estos potes son elaborados con una mezcla de cera y resina y están ubicados alrededor de los panales de cría, con el objetivo de protegerlos y mantener una temperatura adecuada en el centro del nido.

La crianza y manejo de abejas sin aguijón o meliponas es conocida como meliponicultura, esta permite obtener los productos de la colmena tales como miel, polen, cera y propóleo. La miel de *M. beecheii* (conocida como miel blanca) es el producto más explotado de la colmena debido a sus propiedades y efectos que posee.



Fig. 1. *Melipona beecheii*, abeja sin aguijón.

Actualmente en México se tiene un registro de 16 géneros y 46 especies más de este tipo de abejas. A diferencia de *A. mellifera*, las abejas sin aguijón almacenan la miel y el polen en recipientes de forma ovoide de cerumen. Varias especies de abejas sin aguijón son cultivadas por meliponicultores en los estados de la península (Yucatán, Campeche, Quintana Roo), la costa del Golfo de México (Tabasco y Veracruz), la costa del Pacífico (Chiapas, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Nayarit y Oaxaca), Puebla y San Luis Potosí (DGRNB, 2022).

Mediante su función como polinizadora, esta abeja contribuye a obtener mayores rendimientos en la producción de frutos, semillas y hortalizas como:

- Aguacate
- Café
- Calabaza
- Chayote
- Chile habanero
- Mango
- Pepino Sandía

Las meliponas se caracterizan por su tamaño relativamente grande (8-15 mm de longitud), morfología similar a abejorros o abejas melíferas, alas anteriores relativamente cortas y pelos largos en la parte superior del tórax y cabeza, producen reinas ligeramente más pequeñas que las obreras, construyen celdas reales mezcladas con celdas de obreras y machos y la piquera es de barro. Las especies de tamaño mediano (5 mm) pueden recorrer y recolectar a unos 600 m alrededor de su nido; mientras que las especies más grandes (10 mm) pueden recorrer de 800 a 980 m (Cauich et al., 2015).

Componentes de la miel

Los carbohidratos constituyen el principal componente de la miel. Dentro de ellos, están principalmente los monosacáridos fructosa y glucosa. Estos azúcares simples representan el 85% de sus sólidos, ya que la miel es esencialmente una solución altamente concentrada de azúcares en agua. Los otros sólidos de la miel incluyen 25 azúcares complejos, pero algunos de ellos están presentes en niveles muy bajos y todos están formados por la unión de la fructosa y glucosa en diferentes combinaciones.

La miel contiene ácidos orgánicos y sales minerales, cuya apreciación queda enmascarada por el sabor dulce de los carbohidratos. La variación del pH de la miel es capaz de modificar las propiedades con las que ésta se presenta, tanto físicas como de textura. En relación al pH, los valores normales de la miel oscilan entre 3,2 y 4,5, de tal manera que esta acidez natural permite inhibir el crecimiento de microorganismos y conservar la miel.

El contenido de ácidos en la miel está cualitativamente dado por la presencia de ácido glucónico. Este y la prolina, que forman parte de la miel, contribuyen a su sabor. El ácido glucónico se forma por oxidación enzimática de la glucosa, que se encuentra en equilibrio dinámico con la δ -gluconolactona. Otros ácidos predominantes en la miel son: fórmico, succínico, acético, málico, cítrico, oxálico, tartárico, piro glutámico, α -cetoglutámico y pirúvico.

La conductividad eléctrica de la miel, es una medida directamente relacionada con el contenido de sales minerales. Las mieles con bajos contenidos de minerales, que son de colores claros, tienen conductividades bajas; las mieles con alto contenido de minerales, son de colores oscuros y tienen conductividades altas.

El contenido de humedad es una de las características más importantes de la miel y está en función de ciertos factores tales como los ambientales y del contenido de humedad del néctar. La miel madura tiene normalmente un contenido de humedad por debajo del 18.5% y cuando se excede de este nivel, es susceptible a fermentar, particularmente cuando la cantidad de levaduras osmofílicas es suficientemente alta.

Las abejas añaden enzimas para lograr el proceso de maduración del néctar a miel, y pocas provienen de las plantas; éstas son en gran parte las responsables de su compleja composición. La enzima más importante de la miel es la α -glucosidasa, ya que es la responsable de muchos cambios que ocurren en la miel; también se conoce como invertasa o sucrasa y convierte el disacárido sacarosa de la miel en sus constituyentes monosacáridos fructosa y glucosa (Cauich et al., 2015).

En general, la miel contiene aproximadamente 0.5% de proteínas que corresponden a enzimas y aminoácidos. El contenido de éstas en la miel varía dependiendo de la fuente botánica o de la especie de abeja. La fuente principal de las proteínas es el polen y la presencia de aminoácidos se atribuye a las secreciones de las glándulas salivales y de la faringe de la abeja. Las enzimas como la invertasa, catalasa, diastasa y la glucosa oxidasa, cumplen diversas funciones como la hidrólisis del almidón, la producción de peróxido de hidrógeno que posee acción bactericida y la transformación de la glucosa en ácido glucónico, entre otras. Por otro lado, el aminoácido predominante de la miel es la prolina, que a menudo es utilizada como indicador de adulteraciones al disminuir su contenido, en general su presencia indica pureza, al provenir de las secreciones salivales de la abeja (da Silva et al., 2016).

Entre las vitaminas comúnmente encontradas en la miel están: riboflavina, ácido pantoténico, niacina, tiamina, piridoxina y ácido ascórbico. El contenido mineral de la miel es altamente variable, de 0.02 a 1.0%, siendo el potasio cerca de la tercera parte de dicho contenido; la cantidad de potasio excede 10 veces a la de sodio, calcio y magnesio. Los minerales menos abundantes en la miel son hierro, manganeso, cobre, cloro, fósforo, azufre y sílice.

PARTE EXPERIMENTAL

La miel de *Melipona beecheii* para este estudio fue recolectada en la zona del Soconusco del Estado de Chiapas, proporcionada por el Cuerpo Académico Consolidado Recursos Fitopecuarios con Aplicación en la Biotecnología (UNACH-CA-171) del Instituto de Biociencias de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Las pruebas de calidad son de suma importancia para verificar el cumplimiento de los parámetros establecidos en la legislación mexicana, permitiendo confirmar la autenticidad del producto, por lo que, a la miel se le realizaron una serie de determinaciones mediante los parámetros de la NOM-004-SAG/GAN-2018, Producción de miel y especificaciones. En relación al hidrogel, la toxicidad de este se evaluó por reacción dérmica, de acuerdo a la NOM-039-SSA1-1993, "Bienes y servicios. productos de perfumería y belleza".

Las pruebas realizadas a la miel de *Melipona beecheii* se indican a continuación:

Determinación de pH.

La miel presenta ácidos orgánicos y sales minerales, cuya apreciación queda enmascarada por el sabor dulce de los carbohidratos. La variación del pH de la miel es capaz de modificar las propiedades con las que ésta se presenta, tanto físicas como de textura. Los valores normales de pH de la miel oscilan entre 3,2 y 4,5, de tal manera que esta acidez natural permite inhibir el crecimiento de microorganismos y conservar la miel.

El pH se determinó preparando una solución de miel al 10% con agua destilada, utilizando un equipo Conductronic PC 45.

Conductividad eléctrica. La conductividad eléctrica es la capacidad que tiene una disolución de miel al 20% de conducir la electricidad. Esta medida está directamente relacionada con el contenido en sales minerales. Esta medición se realizó con el equipo Conductronic PC 45.

Contenido de humedad, método refractométrico.

Esta prueba se determinó de forma indirecta considerando la medición de °Brix. La medición se realizó en el equipo Abbe Refractometer, el resultado se obtuvo mediante la ecuación 1:

$$\% \text{ de Humedad} = (100 - ^\circ\text{Brix}) \quad \text{ec. 1}$$

Determinación de proteínas (método de Bradford).

Se preparó una solución estándar de proteínas con una concentración de 10 mg/mL usando albúmina de huevo (500 mg aforado a 50 mL con agua destilada).

Se realizó la curva estándar de proteínas de acuerdo a la Tabla 1 y en el orden indicado (sol. estándar de proteínas, agua destilada y reactivo de Bradford (dil. 1:5), mezclando con vórtex en cada adición. La absorbancia se midió a 590 nm en el espectrofotómetro, después de 30 minutos y antes de una hora. Se obtuvo la ecuación de la recta, determinando la concentración de la muestra en mg/mL.

Tabla 1

Curva estándar de proteínas. Método de Bradford.

Concentración de proteínas (mg/mL)	Blanco	2	4	6	8	10	Problema
Solución estándar de proteínas (10 mg/mL)	----	0.2 mL	0.4 mL	0.6 mL	0.8 mL	1 mL	0.5/1 mL
H ₂ O destilada	1 mL	0.8 mL	0.6 mL	0.4 mL	0.2 mL	---	---
Reactivo de Bradford (dil. 1:5)	2 mL	2 mL	2 mL	2 mL	2 mL	2 mL	2 mL

Nota: Si del problema se toman 0.5 mL, agregar 0.5 mL de H₂O destilada.

Otros componentes que son parte de las características funcionales de la miel corresponden a los aminoácidos y las proteínas. El contenido de proteínas en la miel, como ya se mencionó, varía dependiendo de la fuente botánica o de la especie de abeja, es decir, la fuente principal de las proteínas es el polen y la presencia de aminoácidos se atribuye a las secreciones de las glándulas salivales y de la faringe de la abeja.

Espectrofotometría UV-VIS.

Las técnicas espectroscópicas miden la interacción entre la luz y la muestra analizada, es decir se mide la intensidad de la luz en rangos variables generando lo que se conoce como espectros. Los espectros son “huellas digitales” que generan patrones únicos y se obtienen por la capacidad de las moléculas orgánicas de absorber la radiación electromagnética.

Cada compuesto genera un espectro distinto que permite su caracterización. La luz ultravioleta (UV) e infrarroja (IR) son usadas para obtener información que, en conjunto con otros métodos, revelan la identidad de una sustancia. Se ha determinado que la miel de *Melipona beecheii* contiene una gran cantidad de compuestos, entre los que se destacan los polifenoles, los flavonoides y los ácidos fenólicos que participan en la actividad antioxidante de la miel, junto con una variedad de compuestos nitrogenados (alcaloides, derivados de la clorofila, aminoácidos y aminos), carotenoides y vitamina C esto de acuerdo con Cauich et al., 2015. Los compuestos fenólicos están relacionados con el color de la miel, a mayor concentración, mayor oscurecimiento y con la capacidad antioxidante de la miel, una de las características más resaltadas e importantes para la salud humana.

Para el corrimiento espectrofotométrico, la miel se diluyó 1:20 con agua destilada. El equipo utilizado fue un Espectrofotómetro Genesys 50 de Thermo Scientific. La función utilizada fue un barrido de ondas, desde 200 hasta 700 nm. El espectro del corrimiento mostró un pico máximo de absorción en 300 nm y varios picos pequeños entre 220 y 280 nm.

Preparación del hidrogel.

El hidrogel se preparó con un 6% de miel, utilizando el sistema carbopol y trietanolamina. Se le agregó aroma y conservador. Se evaluó para verificar su inocuidad tomando como referencia la NOM-039-SSA1-1993. Se probó en 50 personas de ambos sexos, mayores de edad, utilizando el hidrogel con miel e hidrogel testigo sin miel. Las muestras se aplicaron en el dorso de la mano izquierda a la altura de la articulación radiocarpiana, observando la piel a las 24, 48 y 72 h después de su aplicación.

RESULTADOS

En la Tabla 1, se presentan los datos obtenidos de las pruebas sensoriales y fisicoquímicas de la miel de *Melipona beecheii* y en la Tabla 2, las propiedades del hidrogel obtenido.

Tabla 2
Pruebas sensoriales y fisicoquímicas de la miel de M. beecheii.

Características	Resultados
1) Color	Ámbar claro
2) Olor	Característico
3) Sabor	Característico
4) Consistencia	Líquida
5) Conductividad (mS/cm)	0.316
6) pH	3.16
7) Humedad (%)	26.8
8) Grados Brix	73.2
9) Proteínas (mg/mL)	3

En el corrimiento espectrofotométrico de la miel (dil. 1:20), de 200 a 700 nm (UV-VIS), se observó un pico de absorción máximo a 300 nm (figura 2), el cual correspondió a compuestos fenólicos y flavonoides.



Fig. 2. Corrimiento UV-VIS de la miel de *M. beecheii* (dil:1:20).

Tabla 3
Propiedades del hidrogel.

Características	Resultados
1) Apariencia	Semisólida
2) Color	Transparente
3) Olor	Característico
4) pH	5

En el resultado de la evaluación dérmica, después de aplicar el hidrogel con miel y el testigo, no se presentó reacción alguna a las 24, 48 y 72 h en la piel de los 50 participantes.

CONCLUSIONES

Las pruebas sensoriales (color, olor, sabor y consistencia) de la miel de *Melipona beecheii*, realizadas según la NOM-004-SAG/GAN-2018, confirman que la muestra no presenta signos de fermentación ni sabores u olores extraños adquiridos durante su producción, extracción, sedimentación, filtración, envasado o almacenamiento, cumpliendo así con la normativa.

Complementariamente, los análisis fisicoquímicos de la miel, comparados con los parámetros de Mendieta (2002), muestran que sus valores de pH, conductividad eléctrica y cantidad de proteínas se encuentran dentro de los límites esperados para la miel de este tipo de abeja. Además, la espectroscopía UV-VIS (200 a 700 nm) reveló un pico de absorción a 300 nm, indicativo de compuestos fenólicos y flavonoides.

Finalmente, el hidrogel elaborado fue evaluado en una población de 50 personas, de acuerdo con la NOM-039-SSA1-1993. La aplicación dérmica del producto, tanto con miel como en su versión testigo, tuvo una escala de evaluación de 0, es decir no se presentó una reacción visible, por lo cual se le considera seguro para usos posteriores.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cauch Kumul, R., Ruiz Ruiz, J. C., Ortiz Vázquez, E. & Segura Campos, M. R. (2015). Potencial antioxidante de la miel de *Melipona beecheii* y su relación con la salud: una revisión. *Nutr. Hosp.* 32(4), 1432-1442.
2. Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C., & Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food chemistry*, 196, 309–323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
3. Dirección General de Recursos Naturales y Bioseguridad (2022). Importancia de la meliponicultura. <https://www.gob.mx/semarnat%7Cpolinizadores/articulos/importancia-de-la-meliponicultura>.
4. Espinoza-Toledo, C., Vázquez-Ovando, A., Torres de los Santos, R., López-García, A., Albores-Flores, V. & Grajales-Conesa, J. (2018). Stingless bee honeys from Soconusco, Chiapas: a complementary approach. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1536-1546. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i4.32181>.
5. Franco-May, D.A., Mancilla-Montelongo M.G. (2023). El espectro invisible: una fuente de luz en la investigación de productos naturales. *Rev. Bioagrobiencias*. Vol. 16(2).
6. García Felipe, S. (2019). La miel como alternativa a los tratamientos tópicos en el proceso de curación de quemaduras, heridas y úlceras. *Ene*, 13(1), 1312. Epub 01 de octubre de 2019. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1988-348X2019000100002&lng=es&tlng=es
7. González Espinosa, G.L. Preparación de hidrogel con miel de abeja. Memoria de estadía. Universidad Tecnológica de Tecamac. Abril. 2024. México.
8. La Campiña (2018). Propiedades de la miel de abejas sin aguijón, conocimiento ancestral de los nahuas de Cuetzalan. *Revista La Campiña*. <https://revistalacampina.mx/2018/03/29/propiedades-de-la-miel-de-abejas-sin-aguijon-conocimiento-ancestral-de-los-nahuas-de-cuetzalan/>
9. Mendieta Carrillo, J.R. (2002). Comparación de la composición química de la miel de tres especies de abejas (*Apis mellifera*, *Tetragonisca angustula* y *Melipona beecheii*) de El Paraíso, Honduras. Tesis de Ingeniería en Agroindustria, Honduras.
10. Periago, M. J., Navarro-González, I., Alaminos, A. B., Elvira-Torales, L. I., García-Alonso, F. J. (2017). Parámetros de calidad en mieles de diferentes orígenes botánicos producidas en la Alpujarra Granadina. Universidad de Murcia. España.

11. Quezada Euán, J.J. (2018). Abejas sin aguijón de México: biología, manejo y conservación de una herencia ancestral. Universidad Autónoma de Yucatán. México. ISBN:978-607-8527-625.
12. Ramírez González, A. (2021). Evaluación de la actividad cicatrizante de miel de la abeja sin aguijón *Scaptotrigona mexicana* Guérin-Meneville (Meliponini). Tesina de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.
<https://repositorio.unam.mx/contenidos/3622211>
13. Surco-Laos, F., Ayquipa Paucar, H., Quispe Gamboa, W., García Ceccarelli, J. & Valle Campos, M. (2020). Determinación de polifenoles totales y actividad antioxidante de extracto de semillas de uvas residuos de la producción de Piscos. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 86(2), 123-131. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v86i2.282>

ÍNDICE APOB/APOA1 Y SU ASOCIACIÓN CON FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR EN JÓVENES GUERRERENSES

Luz Elena Ramos Arellano¹, Ines Matia García¹, Jose Angel Cahua Pablo¹, Abelardo Analco Hernández².

¹Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero. ²Centro de innovación, competitividad y sostenibilidad, Universidad Autónoma de Guerrero.
14879@uagro.mx

RESUMEN

Los factores de riesgo más frecuentes para la aparición de la enfermedad cardiovascular (ECV) son: hipertensión arterial, diabetes mellitus, dislipidemia, obesidad, tabaquismo y edad. El índice apoB/apoA1 se ha considerado como un predictor de riesgo fuerte para el desarrollo de ECV en distintas poblaciones. El objetivo de este estudio fue evaluar la asociación del índice ApoB/ApoA1 con factores de riesgo cardiovascular en jóvenes guerrerenses con y sin obesidad. Se incluyeron en el estudio 300 jóvenes universitarios, de 18 a 25 años de edad (150 con obesidad y 150 con peso normal). El perfil de lípidos y la glucosa se determinaron por el método enzimático colorimétrico, utilizando kits comerciales en un equipo semiautomatizado (SPINREACT), los niveles séricos de las apolipoproteínas A y B se midieron por turbidimetría en un equipo automatizado (Mindray-BS200), el peso se midió con una báscula (TANITA IRONMAN BC-553), la talla con un estadímetro portátil (SECA), la circunferencia de cintura con una cinta antropométrica (SECA) y la presión arterial con un esfigmomanómetro con brazalete (Omron). Nuestros resultados fueron que el índice ApoB/ApoA1 fue mayor en los jóvenes con obesidad, comparado con los de normopeso (0.86 vs 0.73, $p < 0.001$). Se encontró una asociación significativa de este índice con el LDL-C alterado en ayuno (OR=5.0, IC_{95%} 1.96-12.83, $p=0.001$), con la hipertrigliceridemia (OR=2.5, IC_{95%} 1.15-5.62, $p=0.020$), con la obesidad (OR=1.19, IC_{95%} 1.18-3.13, $p=0.008$) y con la circunferencia de cintura de riesgo (OR=1.8, IC_{95%} 1.14-2.96, $p=0.012$). El índice ApoB/ApoA1 se asoció con factores de riesgo cardiovascular en jóvenes universitarios guerrerenses.

PALABRAS CLAVE: Índice ApoB/ApoA1, factores de riesgo cardiovascular, jóvenes.

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a las Enfermedades Cardiovasculares (ECV), como el grupo de padecimientos del corazón y los vasos sanguíneos, entre los que se encuentran: Enfermedad Coronaria (EC), Enfermedad Cerebrovascular (ECV), Enfermedad Arterial Periférica (EAP) y Enfermedad Reumática del Corazón (WHO, 2007). Las ECV son las principales causas de muerte, discapacidad y carga financiera en la mayoría de los países desarrollados¹⁻².

Las ECV son patologías altamente prevalentes en todo el mundo³. Se estima que los eventos cardiovasculares causaron 17.8 millones de muertes en el 2017 alrededor del mundo, y que el 80% de los fallecimientos ocurrieron en países de ingresos económicos bajos y medianos; sin embargo, se espera que esta cifra aumente a 25 millones para el 2020⁴. En México, se ha notificado que el 60% de la población adulta presenta al menos un factor de riesgo de ECV (obesidad y sobrepeso, Hipertensión Arterial (HA), diabetes, tabaquismo y dislipidemias)⁵. La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) en el 2018, reportó una prevalencia de diabetes en adultos del 10.3%, mayor que en la encuesta del 2012 (9.2%), una prevalencia de HAS en adultos de 18.4%, también mayor a la reportada en la encuesta del 2012 (16.6%). Con relación al estado nutricional de los adultos en nuestro país, la ENSANUT 2018 reportó una prevalencia de obesidad y sobrepeso del 76.8% (mujeres) y 73.0% (hombres), siendo la prevalencia nacional de sobrepeso del 39.5% y la de obesidad del 35.3%⁶. El objetivo del trabajo de investigación fue evaluar la asociación de índice ApoB/ApoA1 con factores de riesgo cardiovascular en jóvenes con y sin obesidad.

TEORÍA

Los factores de riesgo para la aparición de la ECV más frecuentes son: hipertensión arterial, Diabetes Mellitus (DM), dislipidemia, obesidad, tabaquismo y la edad, los cuales también están involucrados en el desarrollo y la progresión de la aterosclerosis. Los factores de riesgo antes mencionados pueden actuar de manera diferente dependiendo del perfil genético (distinto entre individuos); por lo tanto, en algunas personas el riesgo de desarrollar ECV es mucho mayor⁷.

Al iniciar una dieta aterogénica (rica en colesterol y grasas saturadas), se acumulan pequeñas partículas de lipoproteínas en la íntima, particularmente en los sitios de tensión hemodinámica, lo que las hace más susceptibles al estrés oxidativo y sufren modificaciones químicas, lo que inicia la atracción de leucocitos, un proceso orquestado por moléculas de adhesión y los leucocitos comienzan a adherirse al endotelio arterial, penetrando las células endoteliales para eliminar las partículas lipídicas, convirtiéndose en células espumosas, que no solo sirven como reservorio para el exceso de lípidos, sino que son una rica fuente de mediadores inflamatorios, promoviendo la inflamación y la progresión de la lesión⁸⁻⁹.

Las apolipoproteínas son una alternativa al colesterol asociado a lipoproteínas en la predicción del riesgo cardiovascular. La determinación de Apo B y Apo A1, se sugieren como marcadores de riesgo cardiovascular en una serie de estudios clínicos y epidemiológicos, que presentan un mejor poder predictivo que el Colesterol de Lipoproteínas de Baja Densidad (C-LDL) y Colesterol de Lipoproteínas de Alta Densidad (C-HDL)¹⁰.

La Apo B corresponde a una proteína no intercambiable que se presenta en el humano de dos formas derivadas del mismo gen: Apo B-48, proteína 28 truncada, sintetizada en los enterocitos y parte fundamental de los Qm y, Apo B-100, proteína completa sintetizada en los hepatocitos y mayor componente proteico de VLDL, IDL y LDL¹¹.

La ApoA1 es la principal proteína de la partícula C-HDL, responsable de estimular el transporte inverso del colesterol, eliminando el exceso de los tejidos y reorientándolo hacia el hígado. Además, puede inhibir la oxidación del C-LDL, ayuda en la eliminación de productos tóxicos y tiene propiedades antiinflamatorias¹².

Numerosos estudios han demostrado que el índice apoB/apoA1 es un predictor de riesgo más fuerte para el desarrollo de ECV, en comparación con los niveles de otros lípidos y lipoproteínas¹³.

PARTE EXPERIMENTAL

Participantes

Se incluyeron en el estudio 300 jóvenes (hombres y mujeres) con y sin obesidad, con edades comprendidas entre 18 y 25 años. Todos los participantes firmaron una carta de consentimiento informado de acuerdo con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki.

Mediciones antropométricas y clínicas

La estatura se midió con un estadímetro portátil, el peso con una báscula (TANITA MC-780MA), el índice de masa corporal (IMC) se calculó dividiendo los kilogramos de peso entre el cuadrado de la estatura en metros ($IMC = \text{peso [kg]} / \text{estatura [m}^2\text{]}$). La circunferencia de cintura se midió con una cinta antropométrica. La presión arterial se midió utilizando un monitor de presión arterial automático (OMRON HEM-7120).

Análisis bioquímico

Las concentraciones séricas del perfil de lípidos y glucosa en ayuno, fueron cuantificadas con un espectrofotómetro mediante métodos enzimáticos colorimétricos, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante (SPINREACT). Los niveles séricos de Apo A y Apo B se determinaron por turbidimetría en el equipo automatizado (Mindray, BS-200).

Índice ApoB/ApoA1

Se calculó el índice aterogénico ApoB/ApoA1 dividiendo los niveles séricos de ApoB entre los niveles de ApoA1, para valorar la predicción del riesgo cardiovascular en los jóvenes universitarios. Posteriormente, se clasificó como un índice de riesgo bajo (0.3-0.59), moderado (0.6-0.79) y alto (0.8-1.0) en las mujeres y como riesgo bajo (0.4-0.69), moderado (0.7-0.89) y alto (0.9-1.1) en hombres.

Determinación de factores de riesgo cardiovascular

La hipertensión fue definida con un valor de la presión arterial sistólica ≥ 120 mmHg y/o diastólica ≥ 80 mmHg. Se definieron los parámetros metabólicos alterados: glucosa ≥ 100 mg/dl, triglicéridos ≥ 150 mg/dl, colesterol total ≥ 200 mg/dl, colesterol LDL ≥ 100 mg/dl, colesterol HDL <40 mg/dl para hombres y <50 mg/dl en mujeres, obesidad abdominal con una circunferencia de cintura ≥ 80 cm para mujeres o ≥ 90 cm para hombres considerando los criterios establecidos por la Federación Internacional de Diabetes (FID). Así mismo, se determinó obesidad generalizada con un IMC ≥ 30 kg/m².

RESULTADOS

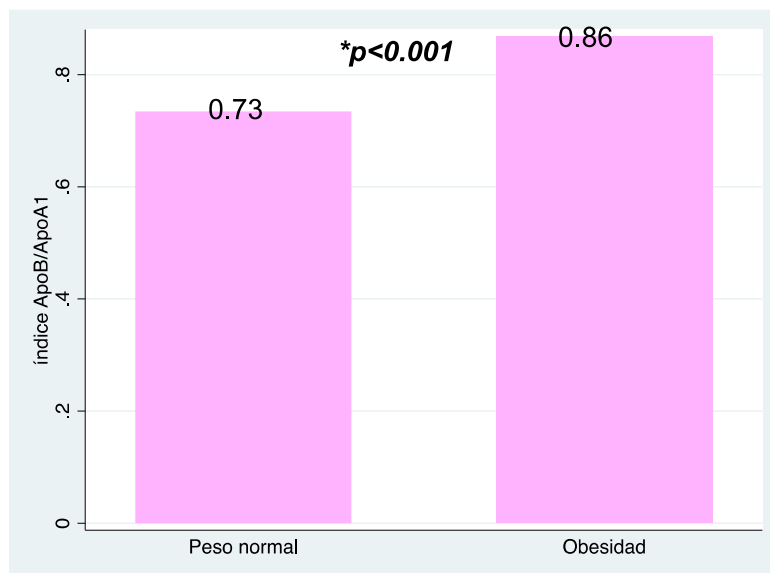
En la tabla 1 se describen las características generales de nuestros grupos de estudio, donde observamos que todas las medidas antropométricas (peso, talla, IMC, cintura, cadera), ambas presiones arteriales (sistólica y diastólica), así como las determinaciones bioquímicas (glucosa, colesterol total, triglicéridos, LDL-C, ApoA1 y ApoB) fueron mayores en los jóvenes con obesidad comparado con los jóvenes de peso normal ($p < 0.001$); sin embargo, los niveles de HDL-C fueron mayores en los jóvenes con peso normal ($p < 0.001$).

Tabla1. Características generales de la población estudiada.

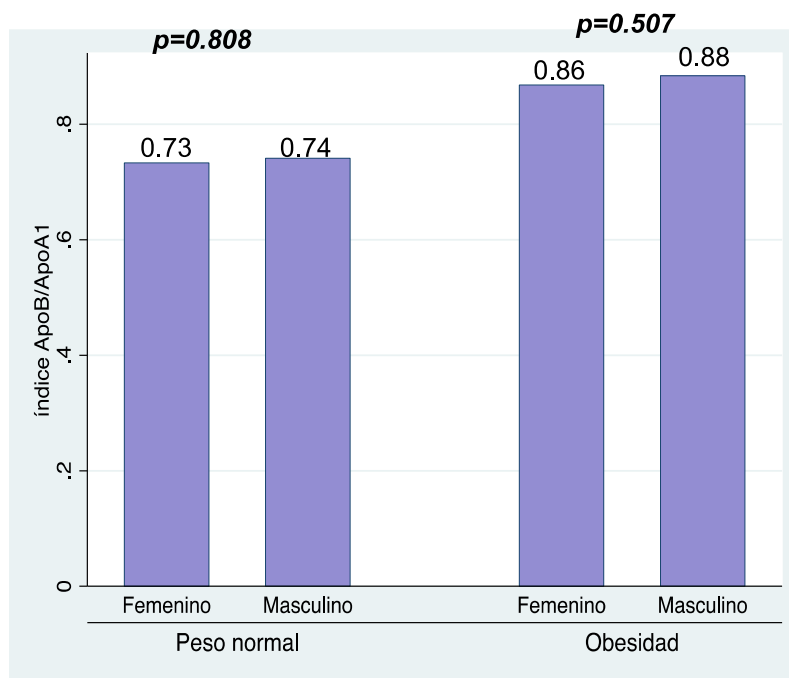
Variables	Con peso normal	Con obesidad	Valores de <i>p</i>
Edad (años)	21 (19-22)	22 (20-24)	0.007*
Género n (%)			
Femenino	101 (67)	72 (48)	0.001***
Masculino	49 (33)	78 (52)	
Peso (Kg)	54.9 (49.6-60.3)	89.7 (80.5-101.1)	<0.001*
Talla (cm)	160±8.3	165±8.6	<0.001**
IMC (Kg/m ²)	21.7(20.2-23.5)	32.3 (30.8-34.7)	<0.001*
Circunferencia de cintura (cm)	79 (75-83)	105 (99.7-110)	<0.001*
Circunferencia de cadera (m)	95 (91-98)	115 (110-120)	<0.001*
ICC	0.83 (0.8-0.87)	0.92 (0.87-0.96)	<0.001*
PAS (mmHg)	110±12.2	120±13.0	<0.001**
PAD(mmHg)	70±9.2	74±9.9	<0.001**
Glucosa (mg/dL)	84 (77-91)	89 (82-96)	<0.001*
Colesterol total (mg/dL)	152 (135-176)	170 (150-193)	<0.001*
Triglicéridos (mg/dL)	83 (62-103)	135 (103-185)	<0.001*
LDL-C (mg/dL)	104 (88-126)	121 (95-151)	0.001*
HDL-C (mg/dL)	49 (39-57)	43 (36-50)	<0.001*
APOA1 (mg/dL)	201 (182-218)	193 (167-213)	0.035*
APOB (mg/dL)	148±47	166±57	0.002**

IMC: Índice de masa corporal; ICC: índice cintura cadera; PAS: Presión arterial sistólica; PAD: Presión arterial diastólica; HDL-C: Colesterol de lipoproteína de alta densidad; LDL-C: Colesterol de lipoproteína de baja densidad; APO: Apolipoproteína. Los datos son mediana (percentiles 25th-75th); *Prueba de Mann-Whitney; Media ± DE **Prueba de *t* Student's; n (%) ***Prueba de chi cuadrada.

Al analizar los niveles del índice ApoB/ApoA1, se encontró que los jóvenes con obesidad presentaron mayores niveles, comparado con los jóvenes con peso normal ($p<0.001$) (Gráfica 1). Al realizar el análisis por género, no se observaron diferencias significativas entre nuestros grupos de estudio ($p>0.05$), (Gráfica 2).



Gráfica 1. Niveles del índice ApoB/ApoA1 por grupos de estudio. Los datos muestran la mediana y el valor de p por Mann-whitney.



Gráfica 2. Niveles del índice ApoB/ApoA1 por género. Los datos muestran la mediana y el valor de p por Mann-whitney.

En la tabla 2, se muestra el análisis de correlación entre los niveles del índice ApoB/ApoA1 con algunos factores de riesgo cardiovascular; donde se observa que este índice se correlacionó positivamente con la obesidad ($r=0.24$, $p<0.001$), circunferencia de cintura de riesgo ($r=0.22$, $p<0.001$), hipertriglicidemia ($r=0.14$, $p=0.010$), LDL-C alterado en ayuno ($r=0.28$, $p<0.001$), e hipertensión arterial ($r=0.12$, $p=0.028$)

Tabla 2. Correlación entre los niveles del índice ApoB/ApoA1 con factores de riesgo cardiovascular.

Variables	R	Valor de <i>p</i>
Obesidad	0.24	<0.001
Circunferencia de cintura de riesgo	0.22	<0.001
Hipertensión arterial	0.12	0.028
Glucosa alterada en ayuno	0.03	0.588
Hipercolesterolemia	0.10	0.079
Hipertrigliceridemia	0.14	0.010
LDL-C alterado en ayuno	0.28	<0.001
HDL-C alterado en ayuno	-0.03	0.592

HDL-C: Colesterol de lipoproteína de alta densidad; LDL-C: Colesterol de lipoproteína de baja densidad. r: Coeficiente de correlación de Spearman.

En la tabla 3, al realizar el análisis de asociación de los niveles del índice ApoB/ApoA1, se observó asociación con la obesidad (OR= 1.9, $p=0.008$, IC_{95%} 1.18-3.13), la circunferencia de cintura de riesgo (OR= 1.9, $p=0.012$, IC_{95%} 1.14-2.96), la hipertrigliceridemia (OR= 2.5, $p=0.020$, IC_{95%} 1.15-5.62 y el LDL-C alterado en ayuno (OR= 5.0, $p=0.001$, IC_{95%} 1.96-12.83), ajustado por edad y sexo.

Tabla 3. Asociación del índice ApoB/ApoA1 con factores de riesgo cardiovascular

Factores de riesgo	Sin ajustar			Ajustado		
	OR	IC 95%	Valor <i>P</i>	OR	IC95%	Valor <i>P</i>
Obesidad	1.9	1.25-3.17	0.004	1.9	1.18-3.13	0.008
Circunferencia de cintura de riesgo	1.9	1.22-3.11	0.005	1.8	1.14-2.96	0.012
Hipertensión arterial	1.3	0.81-2.10	0.274	1.3	0.79-2.19	0.288
Glucosa alterada en ayuno	1.4	0.59-3.61	0.404	1.3	0.50-3.44	0.575
Hipercolesterolemia	1.9	0.83-4.65	0.119	1.8	0.76-4.47	0.172
Hipertrigliceridemia	2.8	1.28-6.11	0.010	2.5	1.15-5.62	0.020
LDL-C alterado en ayuno	5.5	2.19-14.19	<0.001	5.0	1.96-12.83	0.001
HDL-C alterado en ayuno	1.0	0.51-1.97	0.985	1.0	0.54-2.20	0.788

CT: Colesterol total; HDL-C: Colesterol de lipoproteína de alta densidad; LDL-C: Colesterol de lipoproteína de baja densidad; OR: Odds ratio; IC: Intervalo de confianza; *Valor de *P* por regresión logística, ajustado por edad y sexo.

CONCLUSIONES

- El índice ApoB/ApoA1 fue mayor en los jóvenes con obesidad comparado con los jóvenes de peso normal, sin embargo, no se observaron diferencias por sexo.
- El índice ApoB/ApoA se asoció con los factores de riesgo cardiovascular en la población estudiada, donde el LDL-C alterado en ayuno fue el que tuvo mayor asociación, seguido de la hipertrigliceridemia, obesidad y finalmente la circunferencia de cintura de riesgo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chandrashekara, S. (2014). C - reactive protein: An inflammatory marker with specific role in physiology, pathology, and diagnosis. *Internet Journal of Rheumatology and Clinical Immunology*, 2(S1), 105-121.
2. Kelly, B. S., Scanlon, E., Heneghan, H., Redmond, C. E., Healy, G. M., Mc Dermott, E., *et al.* (2018). Breast Arterial Calcification on screening mammography can predict significant Coronary Artery Disease in women. *Clinical imaging*, 49, 48-53.
3. Vega, J., Guimará M., Garces Y., Vega L. & Rivas M. (2015). Predicción de riesgo coronario y cardiovascular global en la atención primaria de salud. *Correo Científico Médico de Holguín*, 19(2), 202-11.
4. Mensah, G. A., Roth, G. A., & Fuster, V. (2019). The Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors: 2020 and Beyond. *Journal of the American College of Cardiology*, 74(20), 2529-2532.
5. Dávila-Cervantes C. A. (2019). Tendencia e impacto de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares en México, 1990-2015. *Revista Cubana de Salud Pública*, 45(4), 1-18.
6. Romero-Martínez, M., Shamah-Levy, T., Vielma-Orozco, E., Heredia-Hernández, O., Mojica-Cuevas, J., Cuevas-Nasu, L., *et al.* (2019). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018-19: metodología y perspectiva. *Salud Pública de México*, 61, 917-923.
7. Ciumărnean, L., Milaciu, M. V., Negrean, V., Orășan, O. H., Vesa, S. C., Sălăgean, O., Iluț, S., & Vlaicu, S. I. (2021). Cardiovascular Risk Factors and Physical Activity for the Prevention of Cardiovascular Diseases in the Elderly. *International journal of environmental research and public health*, 19(1), 207.
8. Jufri, N. F., Mohamedali, A., Avolio, A., & Baker, M. S. (2015). Mechanical stretch: physiological and pathological implications for human vascular endothelial cells. *Vascular cell*, 7(8).
9. Andersson, J., Libby, P. & Hansson G.K. (2010). Adaptive immunity and atherosclerosis. *Clinical Immunology*, 134(1), 33-46.
10. Schmidt, C., & Bergstrom, G. (2014). Apolipoprotein B and apolipoprotein A-I in vascular risk prediction - a review. *Current pharmaceutical design*, 20(40), 6289-6298.
11. Benn, M. (2009). Apolipoprotein B levels, APOB alleles, and risk of ischemic cardiovascular disease in the general population, a review. *Atherosclerosis*, 206(1), 17-30.
12. Navab, M., Reddy, S. T., Van Lenten, B. J., & Fogelman, A. M. (2011). HDL and cardiovascular disease: atherogenic and atheroprotective mechanisms. *Nature reviews. Cardiology*, 8(4), 222-232.
13. Xu, W., Li, R., Zhang, S., Gong, L., Wang, Z., Ren, W., *et al.* (2012). The relationship between high-sensitivity C-reactive protein and ApoB, ApoB/ApoA1 ratio in general population of China. *Endocrine*, 42(1), 132-138.

ASOCIACIÓN ENTRE EL ESTRÉS PSICOSOCIAL Y LA HIPERTENSIÓN GESTACIONAL EN MUJERES ATENDIDAS EN LOS HOSPITALES RURALES DEL ESTADO DE ZACATECAS

Xochitl Alejandra Rosas Guerrero¹, Dellanira Ruiz de Chávez Ramírez², Cristina Almeida Perales³

¹ Maestría en Ciencias de la Salud con Especialidad en Salud Pública de Universidad Autónoma de Zacatecas

xochitl.mat.r.g@gmail.com

RESUMEN

La hipertensión gestacional (HTG) es la presión arterial alta que se presenta durante el embarazo, y suele comenzar después de las 20 semanas de gestación. Por lo general, no tiene otros síntomas y tiende a desaparecer durante las 12 semanas después del parto¹. Los trastornos hipertensivos durante el embarazo se presentan entre el 10% al 15% de los embarazos, resulta un tema de importancia en la salud pública, debido a que son considerados una de las principales causas de muerte materna, además de estar relacionados con las complicaciones de morbilidad y mortalidad fetal y neonatal². Existen diversos factores que se relacionan con su desarrollo, el estrés es uno de ellos. Por lo tanto, aquellas mujeres que no tienen una estabilidad emocional, provocada generalmente por conflictos familiares y de violencia por parte de la pareja, tienden a presentar mayor estrés; factor que influye significativamente en el desarrollo de diversas patologías. Por otro lado, el riesgo de estrés es aún mayor cuando la gestación no es deseada³. **Objetivo general:** identificar la asociación entre el estrés psicosocial y el desarrollo de hipertensión gestacional. **Metodología:** estudio de tipo observacional, transversal y analítico, llevado a cabo en 85 mujeres embarazadas con diagnóstico o presencia de síntomas de HG, a las cuales se les aplicó una encuesta. **Resultados:** la encuesta aplicada evidenció que el 74.1% de las mujeres tenían entre 20 y 35 años, contaban con pareja estable y tenían un ingreso mensual menor a diez mil pesos. El 45.9% tenía estudios a nivel primaria, el 88.2% eran de procedencia rural, el 60% eran empleadas. El 50.6% de los embarazos no fueron planeados. El estrés estuvo presente en la totalidad de las participantes, de las cuales el 88.2% se clasificó como moderado y el 11.8% como leve, y entre los principales estresores se encuentran los de carácter financiero y los problemas familiares. **Conclusión:** la presencia de estresores, así como el ingreso mensual y la escolaridad, son factores que contribuyen a la presencia de HTG.

INTRODUCCIÓN

La hipertensión gestacional es una condición de presión arterial alta que aparece después de la semana 20 de gestación, afectando aproximadamente al 10% de los embarazos⁴. Actualmente, los trastornos de hipertensión arterial durante el embarazo representan un problema de salud significativo que impactan tanto a la madre como al feto. Estos pueden desencadenar complicaciones graves como problemas cardíacos, renales y hepáticos, derrames cerebrales, trastornos de coagulación sanguínea, convulsiones y desprendimiento de placenta. Además, aumentan la probabilidad de un parto por cesárea y de nacimientos prematuros, e incluso, en los peores escenarios, pueden terminar en muerte materna⁵. Dichos trastornos son responsables de al menos una de cada siete hospitalizaciones y son una de las principales causas de muerte materna a nivel nacional⁶. Específicamente en Zacatecas, durante 2017, de las 19,070 mujeres que recibieron atención obstétrica en hospitales de la Secretaría de Salud, 1,120 casos (un 6%) corresponden a egresos hospitalarios por hipertensión gestacional⁷. En cuanto a la mortalidad materna, el boletín epidemiológico de los sistemas especiales de vigilancia epidemiológica de enfermedades no transmisibles durante el 2022, reportó en Zacatecas una muerte materna relacionada con hipertensión gestacional y tres por eclampsia⁸.

Aunque la causa exacta de estas afecciones sigue siendo desconocida, existen diversos factores que favorecen su desarrollo. Entre ellos se incluyen: edad (mayor de 35 o menor de 20 años), obesidad o sobrepeso, nuliparidad, embarazo múltiple, hipertensión crónica, insuficiencia renal crónica, diabetes, ciertas enfermedades autoinmunes como el lupus, antecedentes de hipertensión

en embarazos previos, alimentación inadecuada, sedentarismo e incluso la raza⁹. Adicionalmente, factores de carácter psicosocial, sociodemográficos y económicos también se asocian con el desarrollo de complicaciones durante el embarazo.

El embarazo es una etapa de intensos cambios personales, familiares y sociales para la mujer, un proceso donde lo biológico y lo psicológico juegan un papel fundamental. Para mujeres más vulnerables o en situaciones difíciles, el embarazo, parto y puerperio pueden representar una importante etapa de crisis vital. Se ha observado que las mujeres con alto riesgo psicosocial son más propensas a desarrollar hipertensión durante el embarazo¹⁰.

El objetivo del presente estudio es identificar la asociación entre el estrés psicosocial y el desarrollo de hipertensión gestacional, así como determinar la prevalencia y gravedad de la enfermedad en mujeres atendidas en distintos hospitales rurales del estado de Zacatecas.

METODOLOGÍA

El presente estudio fue de tipo observacional, transversal y analítico, con una unidad observacional conformada por mujeres gestantes con diagnóstico o la presencia de algún signo o síntoma de HTG atendidas en alguno de los hospitales rurales pertenecientes al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) ubicados en el estado de Zacatecas, el muestro fue de tipo probabilístico aleatorio simple, se calculó por medio de la fórmula para una población finita obteniendo como resultado un total de 85 mujeres, ya considerando un 5% para la tasa de no respuesta. Al total de las 85 mujeres se les aplicó un cuestionario digital, el cual estaba conformado por 59 ítems divididos en siete bloques, dos de ellos fueron escalas validadas y el resto de elaboración propia. El cuestionario estuvo previamente evaluado por medio de una prueba piloto. Por último, se otorgó un consentimiento informado que atendiera las normas de confidencialidad y participación voluntaria.

RESULTADOS

La información que a continuación se presenta corresponde a las respuestas otorgadas por 85 mujeres gestantes. El análisis estadístico inferencial se realizó por medio del uso de tablas cruzadas, así como la aplicación de la prueba estadística chi cuadrada.

Al estudiar los factores sociodemográficos se encontró un grupo de mujeres jóvenes de entre 20 y 35 años conformado por el 74.1%, en cuanto al estado civil las mujeres con pareja representaron el 74.1%, respecto al lugar de residencia el 88.2% pertenecían a la zona rural, 50.6% contaban con familias de entre 4 y 5 integrantes, 45.9% de las gestantes tenían estudios de nivel básico, con la ocupación más representativa como empleadas con 60% y el 38.8% reportó un ingreso mensual menor a 1.3 salarios mínimos (Tabla 1).

Tabla 1. Factores sociodemográficos			
		Frecuencia	Porcentaje
Grupo de edades	<19 años	11	12.9
	20-34 años	63	74.1
	>35 años	11	12.9
Estado civil	Con pareja	63	74.1
	Sin pareja	22	25.9
Lugar de residencia	Rural	75	88.2
	Urbana	10	11.8
Grado de estudios	Básica	39	45.9

	Media superior	17	20
	Superior	29	34.1
Integrantes de familia	3 o menos	29	34.1
	4 a 5 integrantes	43	50.6
	Más de 6	13	15.3
Ingreso mensual	1 Salario mínimo	30	35.3
	1.3 Salarios mínimos	33	38.8
	1.5 Salarios mínimos	22	25.9
Ocupación	Ama de casa	17	20
	Empleada/Independiente	51	60
	Estudiante	17	20

Fuente: trabajo de campo 2024

En cuanto a la relación con los factores sociodemográficos no se encontró una asociación estadística significativa entre las variables consideradas. Sin embargo, como datos relevantes se identificó que entre las gestantes con diagnóstico de HTG el 25.9% eran empleadas, el 18.8% tenían educación a nivel básico, el 34.1% se encontraban en el grupo de edad de entre 20 y 34 años, el 42.4% provenían de zona rural y el 34.1% se encontraban con pareja. La hipertensión gestacional (HTG) se presentó en el 44.7% de las participantes y el 55.3% restante indicaron presentar alguno de los síntomas característicos sin tener aún confirmado un diagnóstico de HTG. Entre los síntomas más representativos se encontraron la presencia de edema en alguna parte del cuerpo principalmente en extremidades y el aumento de peso de más de 2 kg por mes (Tabla 2).

Tabla 2. Síntomas de Hipertensión gestacional

		Frecuencia	Porcentaje
Presencia de HTG	HTG diagnosticada	38	44.7
	Presencia de síntomas	47	55.3
Nivel de PA	Normal	25	29.4
	Elevado	27	31.8
	Estadio 1	8	9.4
	Estadio 2	2	2.4
	Se desconoce	23	27.1
Hinchazón	Si	55	64.7
	No	30	35.3
Aumento de peso	2 kg	13	15.3
	Menos de 2 kg	30	35.3
	Más de 2 kg	42	49.4
Visión borrosa	Si	12	14.1
	No	73	85.9

Náuseas o vómito	Si	37	43.5
	No	48	56.5
Frecuencia al orinar	Si	39	45.9
	No	46	54.1
Dolor abdominal	Si	29	34.1
	No	56	65.9

Fuente: trabajo de campo 2024

Al identificar el IMC antes del embarazo se observó que el 48.2% de las gestantes se clasificaron dentro del grupo de sobrepeso, así mismo, el 61.2% se encontraban cursando el segundo trimestre, la mitad de los embarazos fueron considerados no planeados. La tercera parte eran primigestas y entre las gestantes multigestas se encontró que el 43.5% indicó tener menos de 4 años entre cada embarazo. El 37.6% no presentó alguna complicación en embarazos previos, sin embargo, contaban con antecedentes heredofamiliares de diabetes e hipertensión. La Tabla 3 muestra los resultados de la escala de estrés psicosocial donde más del 80% clasificó en la categoría de estrés leve.

Tabla 3. Nivel de estrés psicosocial

		Frecuencia	Porcentaje
Resultados Escala	Estrés leve	75	88.2
	Estrés moderado	10	11.8

Fuente: trabajo de campo 2024

Al analizar la presencia de HTG y el estrés psicosocial se observó que el estrés leve se encontró en más de la mitad (51.8%) de las gestantes que presentaron algún síntoma, por otro lado, el grupo de las gestantes diagnosticadas solo el 36.5% manifestaron estrés; sin embargo, al analizar ambas variables no se identificó una asociación estadística. Finalmente, en la Tabla 4 expone las dimensiones que componen la escala de estrés psicosocial la cual identificó que los estresores que representan una mayor preocupación por parte de las mujeres gestantes son las preocupaciones financieras, problemas familiares, el estado emocional actual y la sensación de sobrecarga.

Tabla 4. Estresores psicosociales

		Frecuencia	Porcentaje
Preocupaciones financieras	Ninguna	30	35.3
	Leve	39	45.9
	Moderado	14	16.5
	Intensa	2	2.4
Otras preocupaciones por dinero	Ninguna	30	35.3
	Leve	42	49.4
	Moderado	13	15.3
Problemas familiares	Ninguna	35	41.2

	Leve	40	47.1
	Moderado	9	10.6
	Intensa	1	1.2
Tener que mudarse	Ninguna	53	62.4
	Leve	26	30.6
	Moderado	6	7.1
Distanciamiento o pérdida de un ser querido	Ninguna	62	72.9
	Leve	18	21.2
	Moderado	5	5.9
Estado emocional actual	Ninguna	16	18.8
	Leve	44	51.8
	Moderado	24	28.2
	Intensa	1	1.2
Sufrir violencia	Ninguna	77	90.6
	Leve	6	7.1
	Moderado	2	2.4
Problemas de alcohol o drogas	Ninguna	68	80
	Leve	14	16.5
	Moderado	3	3.5
Problemas de trabajo	Ninguna	45	52.9
	Leve	35	41.2
	Moderado	4	4.7
	Intensa	1	1.2
Problemas relacionados con amigos	Ninguna	63	74.1
	Leve	20	23.5
	Moderado	2	2.4
Sensación general de sobrecarga	Ninguna	11	12.9
	Leve	41	48.2
	Moderado	21	24.7
	Intensa	12	14.1

CONCLUSIONES

A pesar de que no se encontró una asociación estadística directa entre la presencia de estrés y el desarrollo de HTG, es evidente que la presencia de estresores, junto con un bajo nivel educativo, el lugar de residencia y un ingreso mensual limitado, son factores que contribuyen al desarrollo de esta condición. Por tal motivo, es de crucial importancia identificar los principales obstáculos que ponen en riesgo la vida de una mujer gestante, para dar respuesta a los Objetivos de Desarrollo Sostenible y acelerar la meta de reducir la mortalidad materna. Es necesario otorgar más acompañamiento

durante el embarazo para mejorar el nivel de conocimientos acerca de los principales factores de riesgo y complicaciones de la Hipertensión Gestacional, así como intensificar los esfuerzos del primer nivel de atención en el cuidado prenatal, además de promover programas eficaces para fomentar la práctica de ejercicio físico regular, una buena alimentación, un descanso adecuado y la búsqueda de apoyo social eficiente, todo ello con el objetivo de ayudar a afrontar el estrés.

Asimismo, es importante considerar que la presencia de uno o más de estos factores de riesgo no asegura que una mujer desarrollará HTG, ya que en el desarrollo de dicha patología pueden estar implicados factores clínicos o antecedentes heredofamiliares. Sin embargo, toda mujer gestante debe estar debidamente monitoreada con una atención integral y de calidad que garantice el máximo bienestar y seguridad en el binomio materno-infantil.

BIBLIOGRAFÍA

1. *MedlinePlus*. (2024, 29 de mayo). Hipertensión gestacional. Consultado en: <https://medlineplus.gov/spanish/highbloodpressureinpregnancy.html#:~:text=¿Qué%20problemas%20puede%20causar%20la,el%20bebé%20durante%20el%20embarazo>
2. Moncloa, A., Alegría, E., Valenzuela, G., Larrauri, C., Urquiaga, J., & San Martín, M. (2018). Hipertensión en el embarazo. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 64(2), 191-196. DOI: <https://doi.org/10.31403/rpgo.v64i2077>
3. Ministerio de Salud. (2007). *Norma Técnica de Salud para la Atención Integral de Salud Materna*. Consultado en: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/04/964549/rm_827-2013-minsa.pdf
4. Manual MSD. (2022, noviembre). *Hipertensión en el embarazo*. Consultado en: [https://www.msdmanuals.com/es/professional/ginecolog%C3%ADa-y-obstetricia/complicaciones-no-obstétricas-durante-el-embarazo/hipertensión-en-el-embarazo](https://www.msdmanuals.com/es/professional/ginecolog%C3%ADa-y-obstetricia/complicaciones-no-obst%C3%A9tricas-durante-el-embarazo/hipertensi%C3%B3n-en-el-embarazo)
5. Planned Parenthood. (2023). *¿Qué es la presión arterial alta durante el embarazo?* Consultado en: <https://www.plannedparenthood.org/es/temas-de-salud/embarazo/presion-arterial-alta-durante-el-embarazo>
6. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. (2022, 28 de abril). *Los trastornos hipertensivos del embarazo afectan a 1 de cada 7 partos en los hospitales*. Consultado en: https://www.cdc.gov/spanish/mediosdecomunicacion/comunicados/p_trastornos-embarazo_042822.html
7. Ipas Salud, Acceso y Derechos. (2019). *Información Básica del estado de Zacatecas, Salud reproductiva*. Zacatecas. Consultado en: <https://ipaslac.org/documents/IpasMx2019-Zacatecas.pdf>
8. Secretaría de Salud. (2022). *Boletín Epidemiológico Sistemas Especiales de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedades No Transmisibles*. Consultado en: https://www.saludzac.gob.mx/home/docs/Salud_Publica/Epidemiologia/BOLETIN%202022/Boletin%20Temario/BOLETIN_VEENT_ZAC_ANUAL_2022.pdf
9. Stanford Medicine Children's Health. (2024). Hipertensión Gestacional. Consultado en: <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=gestational-hypertension-90-P05594>
10. Monterrosa, Á., Rodelo, A., Monterrosa, A., & Morales, I. (2022). Factores psicosociales y obstétricos asociados con depresión, ansiedad o estrés psicológico en embarazadas residentes en el Caribe colombiano. *Ginecología y Obstetricia de México*, 90(2), 134-147. DOI: <https://doi.org/10.24245/gom.v90i2.7248>

CARACTERIZACIÓN DE SALUD DE NIÑOS ESCOLARES EN UNA ESCUELA PRIMARIA DE PACHUCA HIDALGO

Rosa María Baltazar Téllez¹, Janine Monserrat Martínez Flores², José Arias Rico², Claudia Teresa Solano Pérez², Abril Casillas Uribe² y Jorge Alfredo Hernández Hernández²

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
rosa_baltazar@uaeh.edu.mx

RESUMEN

En la actual sociedad creciente, garantizar la salud y el bienestar de los niños es esencial para su adecuado desarrollo y el futuro colectivo. La caracterización de la salud escolar es primordial, permitiendo detectar anticipadamente problemas prevalentes y diseñar intervenciones efectivas, para prevenir complicaciones graves a futuro. La salud metabólica, es fundamental para el adecuado mantenimiento de la salud del individuo, que puede verse alterada por diferentes factores, como los, hábitos alimenticios, actividad física, antecedentes familiares. Este estudio mide indicadores bioquímicos, glicemia capilar, triglicéridos y colesterol, siendo parámetros que se miden para identificar oportunamente desequilibrios de esta índole. En el año 2018 la ENSANUT identificó que 35.6% niños de edad escolar muestran obesidad, siendo importante adoptar conductas saludables desde la infancia ya que esto disminuye el riesgo de adquirir enfermedades en la adultez, de ahí la importancia de la promoción de la salud en la infancia, el cual es un proceso participativo, en el que se debe involucrar al individuo, la familia, instituciones y comunidades, que contribuya a la adopción de medidas y conductas encaminadas a fomentar un estilo de vida saludable. Estudio descriptivo, transversal y mixto con enfoque cuanti y cualitativo. Se utilizó el instrumento “Caracterización para la Salud de Escolares” que consta de 46 ítems diseñados para evaluar la salud y hábitos escolares. Incluye preguntas de opción múltiple, escala de puntuación, dicotómicas y abiertas, fue aplicada en febrero del 2024, a 128 niños con rango de edad de 6-12 años, de la escuela primaria de Pachuca Hidalgo. La caracterización de la salud infantil incluye el nivel de conocimiento sobre su propia salud, que de acuerdo a los resultados obtenidos la mayoría de los escolares comprenden los principios básicos de una alimentación saludable. 47,70% asocia una buena alimentación con el “Plato del Buen comer”. De igual manera el nivel socioeconómico influye en el acceso a recursos de salud, el 87.5% proviene de familias de un nivel socioeconómico medio. La atención que reciben los niños de sus padres es un punto clave para la prevención de la obesidad, el 93% percibe una atención adecuada. La composición corporal es un indicador clave de salud y estado físico, 28.4% presenta obesidad, 5.68% tiene hipercolesterolemia y 25% tiene hipertrigliceridemia, indicando un riesgo significativo de desarrollar síndrome metabólico. La globalización y el estilo de vida acelerado han aumentado las enfermedades en adultos y niños, desafiando la salud pública. La información recopilada es clave para tomar decisiones que promuevan intervenciones oportunas y entornos saludables para su desarrollo integral.

INTRODUCCIÓN

El alarmante aumento de las enfermedades crónicas no transmisibles que se presentan en edades tempranas ha cobrado relevancia en el ámbito de la salud pública, por lo que, evaluar la salud metabólica en los escolares es crucial para poder atender oportunamente y prevenir complicaciones en la edad adulta.

La edad escolar es un período crítico de desarrollo, físico, social y cognitivo, en donde los hábitos alimenticios, la actividad física y otros determinantes del estilo de vida comienzan a consolidarse, la salud metabólica es un pilar fundamental para garantizar un crecimiento saludable y prevenir enfermedades como la obesidad, resistencia a la insulina, hipertensión, dislipidemia entre otras patologías de esta índole.

Este estudio propone caracterizar la salud metabólica de los escolares en una escuela primaria de Pachuca, Hidalgo mediante la recolección y análisis de variables bioquímicas, como lo son, la glicemia, colesterol y triglicéridos, con la finalidad de identificar e intervenir adecuadamente en los problemas de salud prevalentes y de esta forma diseñar intervenciones efectivas para mejorar su calidad de vida.

TEORÍA

La promoción de la salud es una estrategia fundamental para alcanzar el bienestar, prevenir enfermedades y construir sociedades más equitativas y plenas. Según el Instituto Nacional de Salud Pública (2021), esta práctica solo puede ser efectiva si existen las condiciones necesarias para implementarla. En México, sin embargo, los enfoques actuales siguen centrados en lo biológico, individual y curativo, con énfasis en eliminar riesgos sin abordar de fondo los determinantes sociales, las condiciones de vida o los recursos con los que cuentan los individuos y comunidades.

Este contexto es preocupante si se considera que en 2018 el 41.9% de la población mexicana vivía en pobreza y un 7.4% en pobreza extrema. Indicadores de empleo, vivienda, esperanza de vida y apoyo social están por debajo del promedio de la OCDE, posicionando a México en el lugar 39 de 40 en bienestar general. Además, en 2017, los países de la OCDE invertían solo el 2.8% del gasto en salud en prevención, lo que evidencia una tendencia global a priorizar el tratamiento sobre la prevención.

Ante este panorama, la Organización Panamericana de la Salud (2020) subraya el potencial del sector salud para garantizar un desarrollo infantil pleno, equitativo y sostenible. La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y la Estrategia Mundial para la Salud de las Mujeres, los Niños y los Adolescentes recomiendan adoptar enfoques integrales que consideren no solo los aspectos médicos, sino también las condiciones sociales, ambientales y económicas que influyen en la salud. En este marco, la promoción de la salud en la infancia se vuelve crucial. De acuerdo con Alba Pérez (2022), esta se refiere a un conjunto de acciones destinadas a fomentar un estilo de vida sano, prevenir enfermedades físicas y psíquicas, y facilitar la integración social. Es un proceso participativo en el que deben intervenir individuos, familias, instituciones y comunidades.

Una de las áreas prioritarias es la alimentación saludable. La niñez es una etapa clave para adquirir buenos hábitos alimenticios. Sin embargo, el aumento del consumo de comida rápida, bollería industrial, bebidas azucaradas y productos ultraprocesados ha elevado los índices de obesidad infantil, propiciando enfermedades crónicas como diabetes, hipertensión o hígado graso, antes propias de adultos.

La actividad física complementa estas medidas. El sedentarismo infantil ha crecido debido al uso excesivo de pantallas y la reducción del juego al aire libre. La OMS y la Asociación Española de Pediatría recomiendan al menos una hora diaria de ejercicio moderado. Las actividades sugeridas incluyen juegos en el recreo, parque, clases de danza, montar bicicleta, natación o deportes como el fútbol, promoviendo el movimiento como una experiencia lúdica y no como una obligación.

Además de lo físico, la salud emocional es otro pilar fundamental. Según Vázquez Parra (2021), aunque suele asociarse a psicólogos, la familia y la escuela tienen un rol vital. Lo que sucede en el aula, ya sea presencial o virtual, influye en cómo los estudiantes perciben e interactúan con su entorno. Por ello, el compromiso colectivo puede mejorar significativamente el bienestar mental infantil.

Finalmente, fomentar una conciencia ecológica desde la infancia es esencial. Corraliza y Collado (2019) señalan que la niñez es una etapa crítica para desarrollar valores y actitudes proambientales, que resultan clave ante los desafíos ecológicos del presente y el futuro. Experiencias positivas con el entorno natural promueven una relación responsable con el medio ambiente.

PARTE EXPERIMENTAL

Estudio descriptivo ya que tiene como objetivo observar, caracterizar y analizar las variables relacionadas con la salud metabólica de los escolares, permitiendo una visión general del estado de salud de la población estudiada identificando las posibles asociaciones entre los factores de riesgo presentes; transversal ya que la recolección de los datos se realiza en un solo momento permitiendo observar la situación del grupo estudiado en relación con sus indicadores metabólicos, hábitos alimenticios, actividad física, entre otros, permitiendo evaluar la prevalencia de ciertas condiciones o características en un grupo; mixto con enfoque cuantitativo permitiendo estudiar variables objetivas como el índice de masa corporal, presión arterial, niveles de glicemia, entre otros, y cualitativo en el que se utilizan entrevistas y encuestas, permitiendo explorar percepciones, actitudes y contextos que influyen en la salud de los escolares. Esta combinación metodológica permite una comprensión más integral del fenómeno estudiado. De igual manera el muestreo utilizado en este estudio es no probabilístico de tipo por disposición ya que la selección de los participantes se fundamenta en los criterios de exclusión e inclusión, en este caso se incluyeron en el estudio aquellos estudiantes cuyos padres aceptaron firmar el consentimiento informado, que cumplan con el rango de edad y que hayan aceptado participar en el estudio.

La población a estudiar fueron alumnos de entre 6 y 12 años de edad pertenecientes a la escuela primaria Vicente Guerrero, a los que durante el mes de febrero se les aplicó el instrumento denominado “Caracterización para la Salud de Escolares”, que fue utilizado en la Universidad de la Sabana, Colombia, diseñado con el objetivo de recopilar información relevante sobre el estado de salud y los hábitos de los escolares.

Este instrumento fue elaborado considerando el nivel de comprensión de la población objetivo, utilizando un lenguaje claro, accesible y amigable para los escolares. El instrumento consta de 46 ítems con diferentes tipos de preguntas, como lo son dicotómicas, abiertas, opción múltiple y escala de puntuación, las cuales se organizan en ejes temáticos y evalúan áreas específicas, las que se incluyen:

- **Condición de salud general (Ítems 1-3):** percepción del estado de salud y enfermedades diagnosticadas
- **Datos sociodemográficos (Ítems 4-11):** lugar de residencia y percepción del nivel económico
- **Religión (Ítems 12-14):** importancia que tiene en la vida escolar
- **Red de Cuidado y supervisión (Ítems 15-16):** Identifica los cuidadores primarios
- **Tipo de apoyo percibido (Ítems 17-21):** Disponibilidad y frecuencia del apoyo psicológico, familiar, económico, social y religioso
- **Percepción de atención parental (Ítems 22-23):** Satisfacción del escolar sobre la atención recibida por parte de los padres o cuidadores
- **Niveles de bienestar (Ítems 24-27):** Nivel de bienestar físico, emocional, espiritual y social
- **Medios de información y comunicación (Ítems 28-39):** Conocimiento y acceso a medios como televisión, radio, internet, entre otros
- **Conceptos clave en salud (Ítems 40-46):** Significado personal de la alimentación, descanso, actividad física y medio ambiente

Finalmente, este cuestionario permite no solo recolectar datos objetivos sino también conocer percepciones, creencias y prácticas relacionadas con el cuidado de la salud, favoreciendo una visión holística del bienestar infantil.

RESULTADOS

El instrumento de investigación fue aplicado a 128 escolares, cuyo objetivo principal es describir y comprender las condiciones de salud hábitos de vida de los estudiantes, con el fin de obtener una caracterización integral de su estado de bienestar.

Una vez aplicado el instrumento y haber recolectado la información deseada, se realizó la captura de datos en el sistema estadístico SPSS versión 27, en donde se analizaron los datos a través de una estadística descriptiva, frecuencias y porcentajes, permitiendo organizar los resultados obtenidos de acuerdo a su eje temático y así generar una interpretación clara y coherente de la información recabada.

Variables sociodemográficas

Estos proporcionan un marco contextual necesario para interpretar los resultados relacionados con variables bioquímicas, así como para comprender con mayor profundidad los factores de riesgo y protección que influyen en esta población infantil. La muestra está conformada por 61 escolares de género femenino que representa el 47.7% y 67 escolares de género masculino 52.3%. Esta distribución relativamente equilibrada permite realizar comparaciones equitativas entre ambos grupos en cuanto a indicadores de salud y variables metabólicas. Identificar el género de los participantes facilita el diseño de intervenciones más inclusivas y específicas para las necesidades de cada género. El 80.5% de los escolares reportó tener un estado de salud bueno, mientras que el 19.5% lo calificó como regular, reflejando una percepción positiva sobre su bienestar, aunque el grupo que reporta salud regular sugiere la necesidad de atención preventiva. De igual manera comprender el nivel socioeconómico es clave pues este influye directamente en el acceso a servicios de salud, alimentación adecuada y oportunidades educativas, se identificó que el 87.5% proviene de familias con un nivel económico medio, mientras que un 9.4% un nivel alto y solo 3.1% un nivel bajo. Esta distribución indica una predominancia de condiciones económicas estables dentro de la muestra, aunque se reconoce la presencia de ciertos extremos.

Variables emocionales

Madoz (2019) describe que el estilo de apego tiene implicaciones directas en el desarrollo y tratamiento de la obesidad infantil, por lo que, las percepciones de atención parental son un factor clave del bienestar emocional infantil. 93% de los escolares mencionan que sus padres les brindan la atención que consideran merecer, las principales razones mencionadas fueron *“porque me cuidan y están para mí”* con un 49.2% y *“porque me escuchan y me apoyan”* con 37.5%, en contraste, con 7% quienes no se sienten suficientemente atendidos señalando causas como, *“porque ambos trabajan y no tienen tiempo para mí”* con 3.9% y *“por cuidar a mis hermanos no me cuidan a mí”* con 3.1%, por lo que, reconocer las dinámicas familiares permite identificar áreas de oportunidad para fortalecer el vínculo afectivo y diseñar intervenciones que fomenten una relación saludable entre padres e hijos.

Variables de auto conocimiento en salud

El auto conocimiento en salud permite evaluar como los escolares perciben y comprenden sus hábitos relacionados con el bienestar. 96.9% asociaron la actividad física con hacer ejercicio, mientras que solo el 3.1% la vinculó con practicar deportes. Esta diferencia sugiere que los escolares tienden a relacionar la actividad física con rutinas y no necesariamente como deportes organizados, indicando una brecha en la comprensión de las distintas formas de actividad física.

La mayoría de los escolares posee una comprensión adecuada sobre los principios de una alimentación saludable. 47.7% relaciona el “Plato del buen comer” con una alimentación saludable y balanceada, indicando familiaridad con esta herramienta educativa. Por otro lado 39.8% destaca el consumo de frutas y verduras como parte esencial de una dieta sana y 9.4% relaciona alimentarse bien con estar sano, reforzando los conocimientos sobre alimentos clave y la comprensión general de la conexión entre nutrición y salud.

Variables bioquímicas

De los 128 escolares participantes solo a 88 se les realizaron mediciones antropométricas y bioquímicas, las cuales incluyen glicémica capilar, colesterol, triglicéridos y porcentaje de grasa corporal, en donde se obtuvo que el 28.4% de los participantes presenta un grado de obesidad, 14.7% mostró un grado de sobrepeso, 47.7% se encuentra dentro de los rangos normales y 9%

registro niveles bajos de grasa corporal. Estos resultados indican que el 43.18% de los participantes presentan exceso de grasa corporal, representando un factor de riesgo para la salud metabólica. Las mediciones bioquímicas muestran variaciones considerables entre niños y niñas, la primera variable que se midió fue la glicemia en donde se observó que los valores oscilan entre 84 mg/dL y 132 mg/dL, con diferencias mínimas entre cada género, concluyendo que la mayoría de los escolares se encuentran dentro de parámetros normales; la segunda variable que se midió fue el colesterol en donde se observan diferencias notorias entre ambos géneros, el valor máximo en niños fue de 272 mg/dL el cual supera considerablemente el de las niñas que fue de 219 mg/dL, identificando que 5.68% de los participantes presentan hipercolesterolemia, con una mayor predisposición en varones; en la tercer variable que son los triglicéridos se puede observar una diferencia significativa, con valores máximos en niñas de hasta 552 mg/dL en comparación con los niños que tuvieron un valor máximo de 436 mg/dL, concluyendo que el 25% de la población tiene hipertrigliceridemia, lo cual representa un riesgo considerable para la aparición de síndrome metabólico en el futuro.

Estos resultados reflejan la necesidad de intervenciones tempranas que promuevan hábitos saludables y monitoreo clínico regular, especialmente en aquellos escolares con alteraciones en el perfil lipídico.

CONCLUSIONES

La caracterización de la salud de los escolares en la Escuela Primaria Vicente Guerrero de Pachuca, Hidalgo, permitió identificar aspectos clave del estado físico, emocional, socioeconómico y bioquímico de esta población. La muestra de 128 escolares ofrece una visión integral del entorno en el que se desarrollan y de los factores que influyen directamente en su bienestar. En general, los estudiantes reportan un buen estado de salud percibida (80.5%), viven mayoritariamente en hogares con nivel económico medio (87.5%) y experimentan una atención familiar adecuada (93%). Estos factores proporcionan una base favorable para su desarrollo, reforzada por una comprensión básica de hábitos saludables como la alimentación y la actividad física.

Sin embargo, los hallazgos bioquímicos y antropométricos revelan un panorama que debe ser atendido con urgencia: el 43.18% presenta sobrepeso u obesidad, el 25% niveles elevados de triglicéridos y el 5.68% colesterol elevado. Estas cifras alertan sobre un riesgo real de enfermedades metabólicas desde edades tempranas.

A pesar de la percepción positiva general de su salud, se evidenció que el autoconocimiento de la salud entre los escolares es limitado, y los conceptos básicos para mantener estilos de vida saludables son deficientes. Esta situación subraya la necesidad de fortalecer la educación para la salud desde la infancia, promoviendo una cultura preventiva que facilite la detección temprana de riesgos y fomente hábitos saludables.

La promoción de la salud en edad escolar es decisiva, ya que establece patrones que condicionan el bienestar en etapas posteriores. Establecer estrategias estandarizadas de prevención y promoción a lo largo del curso de vida podría reducir significativamente la incidencia de enfermedades crónicas y metabólicas. Esto es especialmente importante en un contexto donde, debido a la aceleración del estilo de vida y a la globalización, cada vez más niños presentan patologías que antes se asociaban exclusivamente a adultos.

En este sentido, la especialización del personal de salud, particularmente en enfermería pediátrica, cobra gran relevancia. Es necesario contar con profesionales capacitados para afrontar los desafíos de la nueva epidemiología infantil, donde el rol de enfermería debe centrarse en la prevención, promoción y educación continua en salud desde las etapas más tempranas de la vida.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alimentación sana. 2021 (s/f). Who.int. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>

2. Arenas Monreal, (2021) Instituto Nacional de Salud Pública. Obtenido de https://insp.mx/assets/documents/webinars/2021/CISS_Promocion_Salud.pdf
3. ENSANUT 2018, Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut) Hidalgo (S/f). Insp.mx. https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/Resultado_Entidad_Hidalgo
4. Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado L. T. (s/f). La Obesidad en México. gob.mx. Recuperado el 27 de junio de 2024, de <https://www.gob.mx/issste/articulos/la-obesidad-en-mexico>.
5. Obesidad y sobrepeso. (s/f). OMS 2024, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
6. Pérez Herrera, Cruz López, M. Situación actual de la obesidad infantil en México. Nutr. Hosp. [online]. 2019, vol.36, n.2, pp.463-469. 20-Ene-2020. ISSN 1699-5198. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.2116>.
7. Secretaria de salud , N. O. M., & Promoción de la salud escolar. (2013).. Org.mx. Recuperado, de <https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/doc/Programas/VIH/Leyes%20y%20normas%20y%20reglamentos/Norma%20Oficial%20Mexicana/NOM-009-SSA2-2013.pdf>
8. UNICEF (2023) La importancia de ir a la escuela todos los días. Obtenido de <https://www.unicef.org/uruguay/crianza/etapa-escolar/la-importancia-de-ir-la-escuela-todos-los-dias#:~:text=La%20escuela%20es%20un%20componente,perdurar%C3%A1n%20durante%20toda%20la%20vida>.

PREVALENCIA DE *PSEUDOMONAS AERUGINOSA* RESISTENTE A AMOXICILINA/ÁCIDO CLAVULÁNICO ENCONTRADAS EN HERIDAS DE PIE DIABÉTICO

Rodrigo Díaz Balcázar ¹ y Patricia Yazmín Figueroa Chávez ¹

¹ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Químico Farmacobiología.
rodrigo.diaz@umich.mx

RESUMEN

Pseudomonas aeruginosa es un patógeno oportunista que puede ocasionar diversas enfermedades en el ser humano y en ocasiones causa complicaciones graves. Es muy común encontrar esta bacteria en infecciones de pie diabético y que además resulta ser una complicación grave por el mal cuidado de las heridas y tener como factor predisponente diabetes mellitus complicando aún más su tratamiento. Aunado a esto la bacteria tiene la capacidad de resistencia a algunos antibióticos, como la amoxicilina/ácido clavulánico. Este trabajo busca determinar la prevalencia de *P. aeruginosa* resistente al antibiótico amoxicilina/ácido clavulánico, en pacientes con heridas de pie diabético. La metodología es cuantitativa, longitudinal y descriptiva, la población de estudio son 80 pacientes con heridas de pie diabético, las muestras procesadas fueron de exudado de la herida, se realizó el cultivo y aislamiento de bacterias, posteriormente se hizo la identificación mediante pruebas de tinción Gram, bioquímicas y de susceptibilidad para determinar la sensibilidad a amoxicilina/ácido clavulánico. Los resultados obtenidos fueron: Se incluyeron 80 pacientes con heridas de pie diabético. El género más afectado es similar en ambos dado que los porcentajes son 52% masculino y 48% femenino, se aisló *P. aeruginosa* en 28 muestras (35%). De estas, el 82.14% (23/28) fueron resistentes a amoxicilina/ácido clavulánico, el 17.8% fue intermedio (5/28), teniendo además en consideración que se encontró una asociación significativa con un p valor de 0,05 entre la resistencia a este antibiótico y los antecedentes de una recurrencia en el exudado de la herida, múltiple tratamiento con este antibiótico y la hospitalización reciente del paciente. La prevalencia de *P. aeruginosa* resistente a amoxicilina/ácido clavulánico en heridas de pie diabético es alta, a pesar de tener un resultado intermedio no es una alternativa de tratamiento para el paciente, este hallazgo subraya la necesidad de realizar pruebas de sensibilidad para guiar el tratamiento antibiótico y considerar alternativas terapéuticas en estos pacientes.

INTRODUCCIÓN

El pie diabético es una complicación grave y crónica que prevalece en personas con diabetes mellitus se caracteriza por la presencia de pequeñas ulceraciones que por el factor tiempo y falta de atención oportuna que lentamente se comienza a complicar generándose así lesiones ulcerativas más grandes, las cuales estarán expuestas a una gran cantidad de microorganismos oportunistas y ambientales, provocando a su vez procesos infecciosos y destrucción de tejidos profundos en extremidades inferiores⁽¹⁾. Estas infecciones pueden ser de dos tipos, monomicrobianas y polimicrobianas, en las que se incluyen tanto bacterias Gram-positivas como Gram negativas. Dentro de las Gram negativas, *Pseudomonas aeruginosa* emerge como un patógeno oportunista de particular preocupación debido a su versatilidad metabólica, capacidad de formar biopelículas y su enorme resistencia a múltiples antibióticos ⁽²⁾. La amoxicilina/ácido clavulánico es un antibiótico betalactámico y además un inhibidor de betalactamasas, utilizado ampliamente en los tratamientos clínicos para diversas infecciones bacterianas.

Sin embargo, la creciente resistencia bacteriana a este y otros antibióticos representa un desafío significativo para el manejo eficaz de las infecciones del pie diabético, lo que puede conducir a resultados clínicos adversos, incluyendo la necesidad de amputación ^(3,4). Este estudio se enfoca principalmente en determinar la prevalencia de *Pseudomonas aeruginosa* resistente a la combinación amoxicilina/ácido clavulánico en muestras aisladas de heridas de pie diabético analizadas en un laboratorio clínico y microbiológico específico⁽⁵⁾.

TEORÍA

Pseudomonas aeruginosa es una bacteria Gram-negativa ubicua en el medio ambiente, capaz de colonizar diversos nichos ecológicos y tejidos del huésped. En el contexto de las heridas de pie diabético, varios factores predisponen a la infección por esta bacteria, incluyendo la inmunosupresión asociada a la diabetes, la alteración de la microcirculación, la neuropatía periférica que puede enmascarar la gravedad de la lesión, y la presencia de heridas crónicas que proporcionan un ambiente anaeróbico favorable para su crecimiento en biopelículas^(3,2).

Las cepas de esta especie presentan un característico color verde brillante, debido a la presencia de tres pigmentos como son piocianina, pioverdina y piomelanina. Esta bacteria es un bacilo muy cambiante, es oxidasa positiva y puede crecer a temperaturas superiores a 42 °C. *P. aeruginosa* es un patógeno oportunista, responsable de una amplia gama de infecciones, principalmente nosocomiales^(3,5,6). En particular en pacientes con inmunosupresión, así como aquellos que han sufrido quemaduras severas, heridas severas, neutropenia inducida por quimioterapia o presentan enfermedades pulmonares. *P. aeruginosa* produce una amplia gama de factores de virulencia, por ende, la patogénesis se puede describir como multifactorial⁽⁷⁾. Algunos factores que presenta son el flagelo, fimbrias (Pili), matriz exopolisacárida, toxinas, exoenzimas y biopelículas, la producción de alginato que algunos subgrupos han desarrollado que no es más que un polímero de polisacáridos, que facilita la adherencia a la superficie epitelial pulmonar, generando una barrera para la fagocitosis. La exotoxina A daña el epitelio alveolar y células endoteliales pulmonares, inhibe además la síntesis de proteínas de la célula hospedera afectándose la respuesta del hospedero a la infección⁽³⁾.

Pseudomonas aeruginosa puede desarrollar resistencia a los antibióticos por medio de mutaciones de sus genes o por adquisición mediante la conjugación que se lleva a cabo con apéndices especializados que transportan enzimas como β -lactamasas de espectro extendido (BLEE), carbapenemasas de clase A y D de Ambler y metalo- β -lactamasas (MBL) de clase B⁽⁷⁾.

La resistencia de *P. aeruginosa* a los antibióticos es un fenómeno multifactorial que involucra diversos mecanismos, tales como la producción de enzimas inactivadoras de antibióticos (betalactamasas, enzimas modificadoras de aminoglucósidos), la alteración de las porinas que dificultan la entrada de los fármacos al interior de la célula, la sobreexpresión de bombas de eflujo que expulsan los antibióticos fuera de la célula, y la modificación del sitio diana del antibiótico^(4,7).

La combinación de amoxicilina con ácido clavulánico tiene como objetivo superar la resistencia mediada por betalactamasas. El ácido clavulánico actúa como un inhibidor suicida de muchas betalactamasas producidas por bacterias, protegiendo así a la amoxicilina de la inactivación enzimática⁽⁵⁾. Sin embargo, *P. aeruginosa* puede emplear diversos mecanismos de resistencia que le permiten evadir la acción de esta combinación. La inactivación se lleva a cabo por un grupo denominado como Cefalosporinasa cromosomal AmpC que no es más que una β -lactamasa tipo serina de clase molecular C, se caracteriza por su hidrólisis eficaz de las cefalosporinas y su resistencia a la inactivación por clavulanato, sulbactam y tazobactam. La AmpC de *P. aeruginosa* es una enzima inducible⁽²⁾. En ausencia de otros mecanismos de resistencia, las cepas salvajes de *P. aeruginosa* con producción basal de AmpC, pueden ser susceptibles a las penicilinas antipseudomonas, combinaciones de penicilina + inhibidor, cefalosporinas y carbapenémicos. Sin embargo, la sobre expresión de AmpC puede conducir a una resistencia a prácticamente todos los β -lactámicos principalmente resistencia a ceftazidima⁽⁷⁾. Algunas cepas producen betalactamasas de espectro extendido (BLEE) o carbapenemasas que no son efectivamente inhibidas por el ácido clavulánico. Además, otros mecanismos de resistencia intrínseca, como la impermeabilidad de la membrana externa y la presencia de bombas de eflujo, contribuyen a la resistencia a múltiples antibióticos, incluyendo las penicilinas combinadas con inhibidores de betalactamasas^(1,4).

La vigilancia de la resistencia antimicrobiana en patógenos aislados de infecciones como las del pie diabético es crucial para guiar las decisiones terapéuticas empíricas y específicas, así como para

implementar estrategias de control de infecciones efectivas. Los estudios de prevalencia realizados en laboratorios clínicos y microbiológicos proporcionan datos valiosos sobre los patrones de resistencia locales, permitiendo a los profesionales de la salud tomar decisiones informadas para optimizar el tratamiento de estas complejas infecciones ⁽¹⁾.

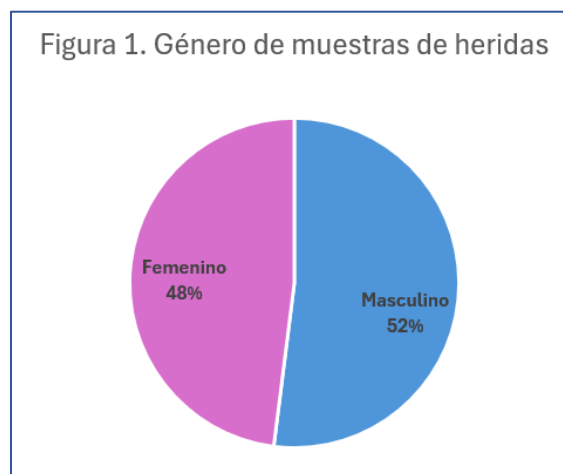
PARTE EXPERIMENTAL

El objetivo del trabajo es determinar la prevalencia de *Pseudomonas aeruginosa* resistente a amoxicilina/ácido clavulánico encontradas en heridas de pie diabético. La metodología es cuantitativa, longitudinal y descriptiva, la población de estudio son 80 pacientes con heridas de pie diabético. Las muestras seleccionadas y recolectadas por exudado con la colaboración de personal médico especializado en heridas de pie diabético, quien en todo momento y en apego total a las normas vigentes y la firma del consentimiento informado se procedió a su recolección, de forma general se procesaron de la siguiente manera:

1. Identificación de las muestras
2. Siembra en medios de cultivo (gelosa sangre, gelosa Mac Conkey)
3. Incubación de las muestras 24 horas a $36\pm 1^{\circ}\text{C}$
4. Revisión de las placas a las 24 horas
5. Tinción Gram
6. Resiembra para obtener cepas puras 24 horas a $36\pm 1^{\circ}\text{C}$
7. Pruebas bioquímicas para Bacilos Gram Negativos No Fermentadores
8. Prueba de susceptibilidad en disco e incubación 24 horas $36\pm 1^{\circ}\text{C}$
9. Revisión de las pruebas de susceptibilidad
10. Recolección de datos y procesamiento estadístico.

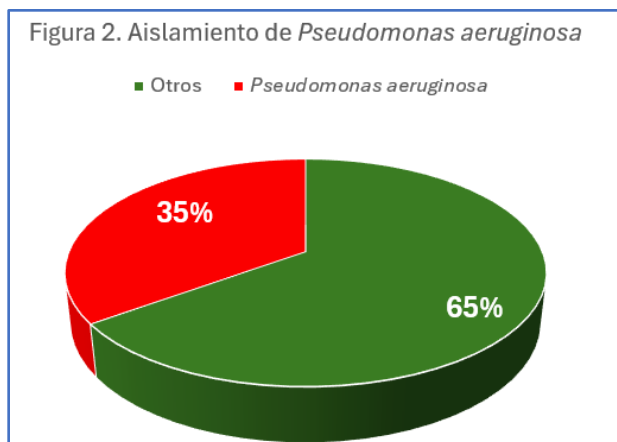
RESULTADOS

Las muestras analizadas de pacientes con herida de pie diabético fueron en un total 80. En el procesamiento se clasificaron las muestras de acuerdo con el género, resultados muy similares el género afectado ya que los porcentajes son 52% masculinos y el 48% del género femenino.



Fuente: Elaboración propia de los datos obtenidos

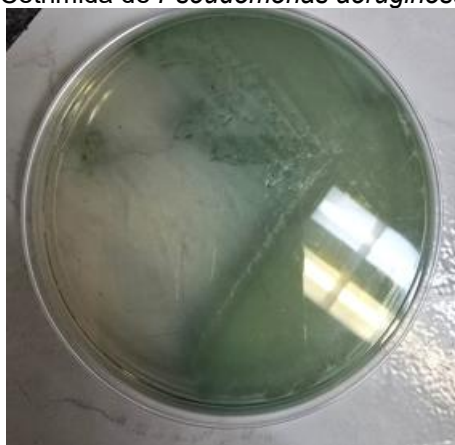
De las muestras recolectadas y procesadas se aisló en 28 muestras *Pseudomonas aeruginosa* aislándose en un 35%.



Fuente: Elaboración propia de los datos obtenidos

En las figuras 3 y 4 se aprecian los pigmentos característicos de estas bacterias, es la propiedad que tienen tanto en agar Cetrimida, como en medios básicos durante su desarrollo.

Figura 3. Aislamiento en Agar Cetrimida de *Pseudomonas aeruginosa*.



Fuente: Autoría propia la fotografía fue tomada en el Laboratorio.

Figura 4. Pigmentación con lampara de Wood de *Pseudomonas aeruginosa*.



Fuente: Autoría propia la fotografía fue tomada en el Laboratorio.

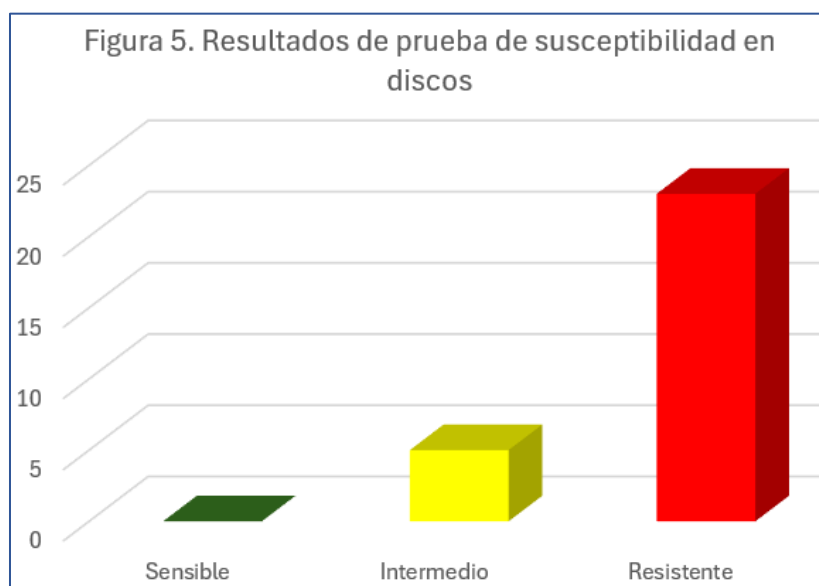
Las pruebas aplicadas para la identificación fueron: prueba de la oxidasa, pruebas bioquímicas y prueba OF (oxidación/fermentación).

Con la cepa previamente identificada y asilada, se realizó las pruebas de susceptibilidad en disco en el medio de Mueller Hinton. El primer paso fue la estandarización del inóculo con la escala de 0,5 del nefelómetro de McFarland y se hizo la siembra en medio Mueller-Hinton, después de la incubación se hizo la valoración de los halos de inhibición del antibiótico, obteniéndose la siguiente tabla:

Tabla 1. Resultados de la prueba de susceptibilidad.

	Sensible	Intermedio	Resistente	Total
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	5	23	28

Fuente: Elaboración propia con los resultados obtenidos de las muestras.



Fuente: Elaboración propia de los datos obtenidos

En la figura 5, se observan los resultados de la sensibilidad a la amoxicilina/ácido clavulánico, siendo 23 resistentes a amoxicilina/ácido clavulánico, intermedio solo 5 y no se obtuvo ningún resultado sensible, lo cual es preocupante ya que limita el uso de este antibiótico en el tratamiento de heridas de pie diabético.

En el análisis estadístico se encontró un resultado significativo de 0,02 con un p valor de 0,05 entre la resistencia a este antibiótico y los antecedentes de una recurrencia en el exudado de la herida, múltiples tratamientos con este antibiótico y la hospitalización reciente del paciente, son factores principales por lo que el antibiótico ya no resulta efectivo en el tratamiento.

Por lo tanto, la prevalencia de *Pseudomonas aeruginosa* resistente al antibiótico de amoxicilina con ácido clavulánico es por cada 10 pacientes 8 van a presentar resistencia al antibiótico y si el médico lo prescribe empíricamente como tratamiento, no será efectivo para combatir a la bacteria.

CONCLUSIÓN

Es importante tener el conocimiento de la prevalencia de *Pseudomonas aeruginosa* resistente a amoxicilina/ácido clavulánico en heridas de pie diabético, ya que se puede considerar como una buena opción de tratamiento, sin embargo, cada vez es más frecuente detectar cepas resistentes en

los laboratorios microbiológicos, lo que constituye un desafío terapéutico desafiante. Muy a menudo los tratamientos que han llevado los pacientes son de forma empírica con resultados poco satisfactorios y muchos otros desarrollaron multirresistencia a la mayoría de los antimicrobianos. Los resultados de esta investigación evidencian de manera fenotípica una proporción significativa de cepas resistentes, lo que recalca la necesidad de realizar pruebas de sensibilidad antimicrobiana de rutina en los aislamientos de heridas de pie diabético, no sólo para los casos de *Pseudomonas*. El enfoque de este estudio fue hacia un solo microorganismo, sin embargo, existen más que ya generan multirresistencia considerable y bien valdría la pena realizar dichas pruebas para dar la mejor opción terapéutica al cuerpo médico y por consiguiente el paciente reciba el tratamiento más adecuado para tratar esta complicación tan severa.

La alta prevalencia de este tipo de resistencia implica en los pacientes una serie adversidades entre las que destacan como de primer orden los fallos en las terapias antimicrobianas, tiempos prolongados en las estancias hospitalarias y los gastos generados por dicha atención y además la posibilidad de generar un proceso infeccioso polimicrobiano. Por todo lo anterior, es esencial que tengamos presente que el éxito en los tratamientos depende del buen diagnóstico microbiológico y que se realice con todo el conocimiento profesional aplicando adecuadamente las pruebas de susceptibilidad antimicrobiana e implementar medidas para la detección y control para prevenir las probables diseminaciones de este tipo de microorganismos resistentes. Y por último, seguir solicitando al cuerpo médico la utilización de pruebas de susceptibilidad para la mejor opción de tratamientos con antimicrobianos y su racional uso, y evitar tratamientos empíricos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Barberán J. Infecciones en el pie diabético: importancia de las resistencias bacterianas. Elsevier revista Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. 2009 Junio; 27(6).
2. Espinoza-Tavera Alejandro, Hernández-Gracia Guillermo, Cantú-Ramírez Rubén Celerino, Díaz-López Arely, Ávila-Aguilar Selene, García-García Edgar Alonso et al. Prevalencia y perfil de resistencia a antibióticos de microorganismos aislados de infecciones en pie diabético. CienciaUAT. 2014 Julio/Diciembre; 9(1).
3. Roca DÁL. *Pseudomonas aeruginosa*: un adversario peligroso. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana Incorporada al Chemical Abstracts Service. Código bibliográfico: ABCLDL. 2014 Agosto; 48(4): p. 465-74.
4. J.A. García-Rodríguez (SEQ). Editores: D. de Alcalá Martínez-Gómez (AEC), I. Blanes-Mompó (SEACV), J. Barberán (SEMI), J. Mensa (SEQ). Autores: por la AEC, D. de Alcalá Martínez-Gómez y X. Guirao-Garriga; por la SEACV, I. Blanes-Mompó y F. Lozano-Sánchez; por la SEMI, J. Barberán; por la SEQ: J.A. García-Rodríguez, M. Gobernado y J. Mensa. Documento de consenso sobre el tratamiento antimicrobiano de las infecciones en el pie diabético. Angiología, revista. 2008 Enero; 60(2): p. 83-101.
5. Beltrán B. Carlos, Fernández V. Alejandra, Giglio M. Soledad, Biagini A. Leandro, Morales I. Ricardo, Pérez G. Jorge et al. Tratamiento de la infección en el pie diabético. Revista chilena de infectología. 2001; 18(3).
6. Soldevila, Benavent, O. Murillo. Protocolo de tratamiento de las infecciones de úlceras del pie diabético. Elsevier. 2018 Marzo; 12(51): p. 3052-3056
7. Espinoza Pesantez Diana Isabel, Esparza Sanchez German Francisco. Resistencia enzimática en *Pseudomonas aeruginosa*, aspectos clínicos y de laboratorio. Rev Chilena Infectol. 2020 Diciembre; 38(1): p. 69-80.

**PREVALENCIA DE *Salmonella* Spp. EN LECHUGA (*Lactuca Sativa*, Var. Iceberg)
COMERCIALIZADA EN MERCADOS Y TIENDAS DE OCOTLÁN JALISCO**

Tania Karina Ceja Farias, María Guadalupe Ávila Novoa, Daniela Alexandra Torres Domínguez,
María José Rivera Godínez y Evelin Arely Flores Sánchez

Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara. Av. Universidad 1115, Linda vista,
C.P. 47810, Ocotlán, Jalisco, México.

maria.anovoa@academicos.udg.mx / taniaceja@gmail.com

RESUMEN

El consumo de frutas y hortalizas frescas ha aumentado en los últimos años debido a la promoción de dietas saludables. Sin embargo, estos productos pueden representar un riesgo para la salud pública cuando se contaminan con patógenos como *Salmonella* spp. que se encuentra ampliamente distribuido en México y es el género de bacterias patógenas con la mayor incidencia en frutas y hortalizas². Al ingerir productos agrícolas contaminados con *Salmonella* se puede presentar sintomatología abdominal, el período de incubación de la salmonelosis suele ser de 12 a 96 horas, se manifiesta comúnmente con diarrea, náuseas, vómito, dolor abdominal y/o fiebre. La CDC estima que *Salmonella* no tifoidea causa aproximadamente 150 millones de enfermedades y 60 mil muertes cada año en todo el mundo³. Además del riesgo a la salud pública, el consumo de productos agrícolas contaminados por bacterias patógenas ocasiona severas pérdidas económicas en todo el mundo, entre las que se incluyen, el pago de indemnizaciones a los consumidores por toxicidad bacteriana, pérdida total del producto e incluso, el cierre de fronteras a la comercialización de estos productos. La contaminación de las hortalizas puede ocurrir en distintas etapas de la cadena de producción, desde la precosecha hasta la postcosecha, debido a factores como el uso de agua contaminada, la manipulación inadecuada y el contacto con superficies o utensilios contaminados². El objetivo de este estudio fue determinar la prevalencia de *Salmonella* spp. en lechuga (*Lactuca sativa*, var. iceberg) comercializada en mercados y tiendas de Ocotlán Jalisco, para ello se analizaron 20 muestras obtenidas de distintos establecimientos comerciales. Se llevó a cabo una etapa de preenriquecimiento para favorecer la recuperación del patógeno, para ello se pesaron 25 g de cada muestra en condiciones estériles, se agregaron a 225 mL de agua peptonada y se incubó a 37 °C. Después se llevó a cabo una etapa de enriquecimiento selectivo en caldo Rappaport-Vassiliadis. Posteriormente, se realizó una siembra en los medios selectivos agar XLD (Xilosa Lisina Desoxicolato), agar HE (Entérico Hektoen) y agar BS (sulfito bismuto), donde se seleccionaron colonias con características típicas de *Salmonella* spp. Las colonias sospechosas fueron sometidas a pruebas bioquímicas (TSI, LIA, citrato, indol, motilidad) para su identificación. Logrando identificar a *Salmonella* spp. en el 10% (2/20) de las muestras de lechuga obtenidas. Los resultados de este estudio permiten conocer la frecuencia de *Salmonella* en la lechuga disponible para el consumo en distintos puntos de venta en Ocotlán Jalisco, lo que contribuye a la evaluación del riesgo microbiológico en productos frescos de la región. Además, esta investigación puede servir de base para promover medidas de control a nivel de producción, distribución y comercialización, con el fin de reducir la incidencia de enfermedades transmitidas por alimentos y garantizar la inocuidad de los productos hortofrutícolas.

INTRODUCCIÓN

El consumo de frutas y hortalizas frescas ha experimentado un incremento global en las últimas décadas, impulsado por factores como la promoción de dietas saludables, la demanda de alimentos de fácil acceso, la disponibilidad de productos fuera de temporada debido a la globalización, y el auge en la preferencia por alimentos orgánicos¹, que conllevan un riesgo microbiológico inherente: el uso de fertilizantes a base de estiércol en sus cultivos, lo que incrementa la probabilidad de contaminación por patógenos entéricos. Este tipo de productos frescos mínimamente procesados, al no someterse a tratamientos térmicos o químicos agresivos, representan un vehículo potencial

para la transmisión de agentes patógenos como *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella* spp., organismos ampliamente distribuidos en los sistemas agrícolas mexicanos².

La contaminación microbiana de las hortalizas puede ocurrir en múltiples etapas de la cadena de producción (precosecha, cosecha y postcosecha), asociada a factores como la proximidad al suelo, el uso de agua de riego contaminada, la aplicación de estiércol no tratado, la presencia de fauna silvestre o doméstica, prácticas de manipulación inadecuadas y el contacto con superficies contaminadas⁴. Además, la capacidad de los microorganismos para adherirse firmemente a la superficie de los productos frescos agrava este problema, ya que pueden formar agregados polimicrobianos como las biopelículas, que confieren una protección contra tensiones físicas y mecánicas, antibióticos, radiación UV y agentes antagonistas como bacteriófagos, favoreciendo su persistencia en los productos².

Entre los patógenos de relevancia, *Salmonella* spp. destaca por su alta incidencia en brotes asociados a productos agrícolas como frutas y hortalizas². La salmonelosis, cuyo período de incubación oscila entre 12 y 96 horas, se manifiesta clínicamente con gastroenteritis aguda (diarrea, náuseas, dolor abdominal) y fiebre³, puede evolucionar a septicemia en poblaciones vulnerables. La CDC estima que *Salmonella* no tifoidea causa aproximadamente 150 millones de enfermedades³, de las cuales el 91.28% se transmite por alimentos y 8.72% por causa desconocida⁶, además se contabilizan casi 60 mil muertes cada año en todo el mundo por esta causa³.

El comportamiento epidemiológico de *Salmonella* entérica (en alimentos de origen vegetal) entre las regiones de África, Europa y Norte de América presentó incidencias de 4.08, 30.82 y 65.1% respectivamente⁶. Particularmente en México, el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica de la Dirección General de Epidemiología (SINAVE-DGE) de la Secretaría de Salud de México, reportó 975,321 infecciones por *Salmonella* spp. por consumir alimentos contaminados de origen vegetal en el periodo de 2010 a 2021⁶. Es importante resaltar que, en México, la NOM-251-SSA1-2009 establece criterios microbiológicos para alimentos frescos, pero no incluye límites específicos para *Salmonella* en hortalizas mínimamente procesadas⁸.

Además del riesgo a la salud pública, la contaminación microbiana genera pérdidas económicas multimillonarias en todo el mundo, entre las que se incluyen, el pago de indemnizaciones a los consumidores por toxicidad bacteriana, pérdida total del producto, desprestigio de las marcas e incluso, el cierre de fronteras a la comercialización de estos productos².

Dentro de la seguridad alimentaria de productos agrícolas, el proceso de limpieza y desinfección de frutas y hortalizas son el objetivo más importante, debido a la rapidez en la adherencia de la bacteria a la superficie de estos productos agrícolas². Existen múltiples estrategias de control microbiológico en los alimentos, como el uso de luz UV, o uno los más utilizados: el uso de agentes químicos como el cloro, ozono, ácido peracético, peróxido de hidrógeno y ácidos orgánicos. Sin embargo, también existen numerosas investigaciones haciendo referencia de la eliminación de patógenos implicados en brotes de alimentos como lo es *Salmonella* spp. en productos frescos debido a la formación de biopelículas que le permiten adherirse con mayor facilidad en frutas y vegetales de hoja principalmente².

Estos riesgos (sanitarios y económicos) resaltan la necesidad de aportar información sobre la prevalencia de patógenos en productos frescos de alto consumo como la lechuga, así como dar a conocer la importancia de desarrollar estrategias de control microbiano. Esta investigación tiene como objetivo determinar la prevalencia de *Salmonella* spp. en lechuga (*Lactuca sativa*, var. iceberg) comercializada en mercados y sitios minoristas de Ocotlán Jalisco, mediante los procedimientos descritos en el Manual de Bacteriología para el Análisis de Alimentos (BAM) de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA).

METODOLOGÍA

Muestreo.

Se recolectaron 20 unidades de lechuga (*Lactuca sativa*, var. iceberg) provenientes de establecimientos comerciales ubicados en ocho colonias de Ocotlán, Jalisco. Siete muestras procedentes de mercados y 13 de establecimientos minoristas (Tabla 1). La recolección de las muestras se llevó a cabo en el periodo de marzo a abril de 2025. Las muestras se colectaron y transportaron al Laboratorio de Microbiología del Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara, donde se almacenaron a 4°C hasta su procesamiento (<24 h).

Tabla 1. Sitios de colección de muestras de *Lactuca sativa*, var iceberg, provenientes de Ocotlán, Jalisco.

Zona de Ocotlán, Jalisco	Tipo de establecimiento	No. de muestras recolectadas
Col. La florida	Establecimiento minorista	3
Col. La florida	Mercado	2
Col. La Primavera	Establecimiento minorista	4
Col. Terranova	Establecimiento minorista	2
Col. Infonavit 2	Establecimiento minorista	2
Col. Centro	Establecimiento minorista	2
Col. Paso Blanco	Establecimiento minorista	1
Col. Torrecillas	Mercado	2
Col. Mascota	Mercado	2

Determinación de *Salmonella* spp. de acorde a los lineamientos del BAM/FDA (2023).

- a) Pre-enriquecimiento: En condiciones asépticas se homogeneizaron 25 g de muestra (incluyendo hojas externas y núcleo) con 225 mL de agua peptonada buferada alcalina. La mezcla se incubó a 37°C ± 1°C durante 24 h ± 2 h.
- b) Enriquecimiento selectivo: Se inocularon 0.1 mL del cultivo pre-enriquecido en 10 mL de caldo Rappaport-Vassiliadis (RV). Se homogeneizó en vórtex y se incubó a 42°C ± 0.5°C por 24 h ± 2 h.
- c) Aislamiento en medios selectivos e identificación de *Salmonella* spp.: Se inoculo RV por estría en Agar XLD (Xilosa-Lisina-Desoxicolato), Agar HE (Entérico Hektoen) y Agar BS (Sulfito de Bismuto), y se incubaron a 37°C ± 1°C por 24 h (el agar BS con lectura a las 24 y 48 h). Posteriormente se seleccionaron de dos a cuatro colonias sospechosas de *Salmonella* de acorde a las características microbiológicas. Por último, se inocularon as colonias sospechosas en las pruebas bioquímicas: TSI (Triple azúcar y hierro), LIA (Agar Lisina Hierro), Citrato de Simmons y medio SIM (Sulfuro-Indol-Movilidad), posteriormente fueron llevados a incubación a 37°C ± 1°C × 24 h. En la tabla 2 se detalla el perfil bioquímico de *Salmonella* spp.

Tabla 2. Perfil bioquímico e interpretación de *Salmonella* spp.

Prueba Bioquímica	Interpretación
Triple azúcar y hierro (TSI)	Alcalino (rojo)/Ácido (amarillo) + H ₂ S (ennegrecimiento).
Agar Lisina Hierro (LIA)	Alcalino (púrpura) en superficie + H ₂ S.
Citrato de Simons	Desarrollo y vire de color (azul).
Sulfuro Indol Movilidad (SIM)	Movilidad positiva + H ₂ S (ennegrecimiento) + Indol negativo.

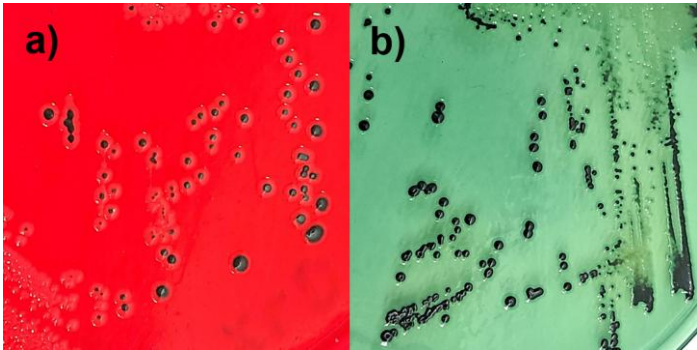
Fuente: BAM/FDA⁷.

- d) Confirmación por serología: Se utilizaron las colonias seleccionadas en caldo infusión cerebro corazón (BHI) para realizar una prueba de aglutinación utilizando antígenos bacterianos específicos para *Salmonella*, con el fin de garantizar la veracidad de la reacción, se utilizaron los controles positivo y negativo para su comparación.

RESULTADOS

La prevalencia de *Salmonella* spp. en lechuga (*Lactuca sativa*, var. iceberg) comercializada en Ocotlán Jalisco fue del 10 % (2/20), en el 90% de las muestras no se detectó *Salmonella* (spp) . En la figura 1 se detalla la morfología colonial presente en los medios selectivos XLD y HE para las muestras L-18 y L-20. En el agar SB ninguna muestra desarrolló colonias características de *Salmonella* spp. tras 48 h de incubación. En la tabla 3 se describe el perfil bioquímico de las colonias seleccionadas.

Figura 1. Morfología macroscópica de las colonias sospechosas de *Salmonella* spp.



Nota: se observan colonias con morfología típica del género *Salmonella* en los medios de cultivo:
a) agar XLD; Colonias rosas con o sin centros negros, o casi completamente negras⁷.
b) agar HE. Colonias color azul verdoso con o sin centros negros, o casi completamente negras⁷.

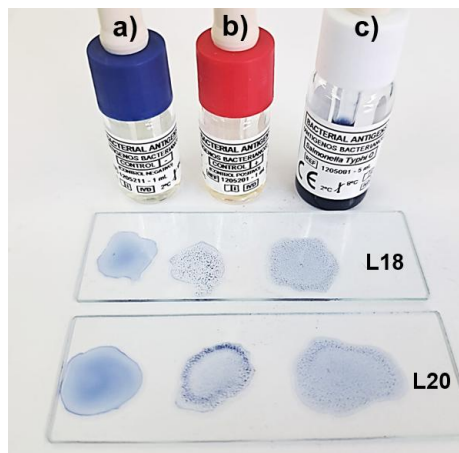
Tabla 3. Pruebas bioquímicas en las muestras L18 y L20 tomadas de XLD y HE.

Prueba o sustrato	Reacción típica de <i>Salmonella</i> spp.	Reacción de las colonias seleccionadas			
		L18-x	L18-h	L20-x	L20-h
Glucosa (TSI)	+ (fondo acido)	+	+	+	+
Descarboxilación de lisina	+ (superficie y fondo alcalinos)	+	+	+	+
Movilidad	+ (turbidez)	+	+	+	+
Indol	- (sin cambio)	-	-	-	-
Citrato	+ (desarrollo / vire azul)	+	+	+	+
producción de SH ₂	+ (ennegrecimiento del medio de cultivo)	+	+	+	+

Nota: L, muestra de lechuga; -x, colonias tomadas de XLD; -h, colonias tomadas de HE.

Las muestras sometidas a serología (L-18 y L-20) mostraron aglutinación positiva con los antígenos bacterianos específicos para *Salmonella*, confirmando la presencia de *Salmonella* spp. en las dos muestras. En la Figura 2, se observa la reacción antígeno-anticuerpo y los antisueros utilizados.

Figura 2. Reacción antígeno-anticuerpo para la determinación de *Salmonella* spp.



Nota: a) Control negativo, antígenos de otros géneros diferentes a *Salmonella* (tapa azul), b) Control positivo, antígenos de *Salmonella* spp. (tapa roja), c) anticuerpos correspondientes a *Salmonella* spp. (tapa blanca).

CONCLUSIONES

En el presente estudio se detectó la presencia de *Salmonella* spp. en el 10 % (2/20) de las muestras de lechuga analizadas, procedentes de diferentes puntos de venta en Ocotlán, Jalisco. Estos hallazgos son de utilidad para evaluar el riesgo microbiológico asociado al consumo de hortalizas frescas en Ocotlán, Jalisco, particularmente en un producto de amplio consumo como lo es la lechuga iceberg. La identificación de este patógeno refuerza la necesidad de implementar sistemas de vigilancia continuos en la cadena de suministro agrícola, ya que su presencia podría derivar en brotes de enfermedades transmitidas por alimentos, con implicaciones importantes para la salud pública.

Estos resultados subrayan la importancia de fortalecer las medidas de control sanitario en las etapas de producción, procesamiento, distribución y venta, así como también, la aplicación de prácticas basadas en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), con el fin de garantizar la inocuidad de los productos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jacobson AP, Gill VS, Irvin KA, Wang H, Hammack TS. Evaluation of methods to prepare samples of leafy green vegetables for preenrichment with the Bacteriological Analytical Manual *Salmonella* culture method. J Food Prot. 2012 Feb;75(2):400-4.
2. Cortéz-Higareda y col. (2021). *Bacterias patógenas de los alimentos agrícolas frescos y mínimamente procesados. Estado actual en el control del género Salmonella*. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 22, núm. 1. Pp 12-28.
3. CDC. (2024). *Salmonellosis, Nontyphoidal*. CDC Yellow Book 2024. Disponible en: <https://wwwnc.cdc.gov/travel/yellowbook/2024/infections-diseases/salmonellosis-nontyphoidal>
4. Summerlin HN 3rd, Pola CC, McLamore ES, Gentry T, Karthikeyan R, Gomes CL. 2021. Prevalence of *Escherichia coli* and Antibiotic-Resistant Bacteria During Fresh Produce Production (Romaine Lettuce) Using Municipal Wastewater Effluents. Front Microbiol. 2021 May 20;12:660047. doi: 10.3389/fmicb.2021.660047.
5. Sait Aykut Aytac, Ulya Ben, Canan Cengiz, Birce Mercanoglu Taban. (2010). Evaluation of *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* contamination on leafy green vegetables. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.8 (2): 275-279. 2010.

6. Berrocal Martínez, María Teresa, Ruiz-Juárez, Daniel, Gutiérrez-Rojas, Mónica, & Olivares-Orozco, Javier. (2023). Comportamiento epidemiológico de *Salmonella* sp. en alimentos de origen vegetal por región intercontinental. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 14(1), 109-121. Epub 19 de junio de 2023. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i1.2966>
7. Food and Drug Administration. (2023). *Capítulo 5: Salmonella*. Manual de Bacteriología para el Análisis de Alimentos (BAM). FDA. Recuperado de <https://www.fda.gov/media/172194/download?attachment>
8. Secretaría de Salud. (2009). NORMA Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Disponible en: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3980/salud/salud.htm>

LA INHIBICION DE LOS RECEPTORES GABAA AUMENTA LA PATOGENICIDAD DE LA *Escherichia Coli* ENTEROPATOGENA EN EL NEMATODO *Caenorhabditis Elegans*

Diego Wenceslao Aguilar Ocampo¹, Araceli Castillo Romero¹, Gabriela Camargo Hernández², Susan Andrea Gutiérrez Rubio¹, Rafael Cortes Zarate¹, Abel Hernández Chávez¹ y Leonardo Hernández Hernández¹

¹Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara, ²Centro Universitario de los Altos, Universidad de Guadalajara.
leonardo.hhernandez@academicos.udg.mx

RESUMEN

En estudios con modelos animales, la presencia de neuronas GABAérgicas en regiones fisiológicas promueve la idea de que este neurotransmisor inhibitorio está implicado en vías y diversas funciones en el SNC como el comportamiento, el control motor, estado de ánimo o de sueño además de tener efectos sobre las células inmunitarias¹. Se sabe que algunas bacterias del microbiota intestinal producen GABA y que este junto con el GABA endógeno influye a la respuesta inmune². Es de nuestro interés estudiar como interactúan las bacterias patógenas causantes de diarreas infecciosas, particularmente la *E. coli* Enteropatógena (EPEC)³. Para estudiar estas interacciones, empleamos al nematodo *Caenorhabditis elegans* (*C. elegans*), organismo modelo utilizado ampliamente en estudios de patogénesis microbiana e inmunidad innata. También, tiene un sistema nervioso simple con la mayoría de las características presentes en organismos superiores, incluido el sistema de neurotransmisión GABAérgico con su maquinaria biosintética sus componentes anatómicos-funcionales las conexiones sinápticas⁴. El objetivo de este trabajo es determinar como la actividad GABAérgica influye en los procesos de infección de EPEC en el organismo modelo *C. elegans*. Metodología. Se utilizó La cepa Bristol N2 (tipo salvaje) de *C. elegans*. Los nematodos se mantendrán en placas con Nematode Growth Medium agar (NGM) sembradas con *E. coli* OP50 a <20°C. Se llevaron a cabo Ensayos de Patogenicidad (consistente en ensayos de extensión de vida) en grupos de 90 gusanos sincronizados en el estado larvario L4 cultivados en placas de medio Agar-NGM, las cuales contendrán como alimento ya sea OP50 o EPEC. El monitoreo de la vida de *C. elegans* se realizó por aproximadamente 21 días, que es el tiempo de vida promedio del nematodo en condiciones óptimas. Se sumarán grupos infectados expuestos a GABA exógeno y/o a Picrotoxina (antagonista de receptores GABAA). Para todos los ensayos de patogenicidad, cada experimento se realizó por triplicado. Los resultados se analizaron usando la prueba de supervivencia de Kaplan-Meier y ponderadas con pruebas de Log-Rank. Resultados. Como se esperaba, el EPEC redujo significativamente el tiempo medio de vida (11 días Vs 16 días con OP50) y la extensión de vida (14 días Vs 20 días con OP50). Por otro lado, la exposición a Picrotoxina de animales infectados con EPEC, disminuyó significativamente el tiempo medio y la extensión de vida (10 y 13 días respectivamente) en relación con EPEC y con el OP50. El GABA exógeno aumentó ambos parámetros, pero esos cambios no fueron significativos. Conclusiones: Estos resultados sugieren que la inhibición de los receptores GABAA aumenta la patogenicidad de EPEC en el nematodo *C. elegans*.

INTRODUCCIÓN

La microbiota y el microbioma intestinal regulan diferentes funciones orgánicas en los seres humanos, incluida el eje microbiota-intestino-cerebro. Este eje establece un sistema de comunicación bidireccional neurohumoral continua. Esta comunicación involucra neurotransmisores en la vía nerviosa, y hormonas, citoquinas, metabolitos, en la vía sanguínea, lo que permite un control en la motilidad intestinal, la regulación de secreción de enzimas digestivas e incluso la modulación del apetito y saciedad⁵.

Cuando se altera la microbiota, se entra en disbiosis, asociada en multitud de enfermedades humanas. Estos cambios son provocados por la dieta, inflamación, inmunodeficiencia, infección o

exposición a antibióticos o toxinas⁶. La disbiosis acompaña a las diarreas bacterianas disintéricas, en general con una abundancia de anaerobios facultativos (*Escherichia*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, etc.) y una disminución de bacterias con acciones inmunomoduladoras (*Lactobacillus ruminis*, *Bifidobacterium pseudocatenulatum*)⁷. Recientemente se ha descubierto que la microbiota está involucrado en varias enfermedades a través de desencadenantes de disbiosis intestinal, como manifestaciones neuropsiquiátricas al interferir con la homeostasis de neurotransmisores, y también en enfermedades neurodegenerativas^{8,9}, al liberar metabolitos anormales del intestino¹⁰.

TEORÍA

Estamos interesados en los procesos involucrados en diarreas infecciosas provocadas por las bacterias con relevancia médica, como son las cepas diarreogénicas de *Escherichia coli*, dentro del cuales se distinguen la *E. coli* *Enteropatógena* (EPEC) que causan diarreas infecciosas que representan un motivo frecuente de consulta en medicina general y siguen siendo en la actualidad una causa importante de morbilidad infantil, a nivel mundial, y motivo frecuente de hospitalizaciones y consultas pediátricas¹¹. No se han esclarecido si estas bacterias promueven alteraciones en la actividad del sistema nervioso. Sin embargo, se ha demostrado que, en mayor o menor medida, neurotransmisores como glutamato, acetilcolina, GABA, butirato o dopamina, sintetizados por cepas bacterianas como *Escherichia* y *Lactobacillus*, atraviesan la capa mucosa intestinal, llegan al torrente sanguíneo y son transportados al cerebro, cruzando la barrera hematoencefálica^{12,13}. Se ha reportado que en el contexto de disbiosis donde se incrementa las poblaciones de *E. coli*, se han asociado con el deterioro cognitivo en ancianos en pacientes con la enfermedad Alzheimer (EA). Esto se ha atribuido a que grupos de bacterias como *E. coli*, *Bacteroides*, *Eubacterium* y *Bifidobacterium*, participan en la producción de neurotransmisores asociados a la EA, como acetilcolina, GABA y glutamato, lo que sugiere un vínculo entre la disbiosis intestinal y la desregulación de los neurotransmisores en la patogénesis de la EA¹⁴.

Por otro lado, los neurotransmisores endógenos, evidentemente desempeñan un papel clave en la fisiología del sistema nervioso central (SNC) y han tomado relevancia por su capacidad de modular diferentes procesos, así como también por su relación en algunas patologías. En estudios con modelos animales, la presencia de neuronas GABAérgicas en regiones fisiológicas, promueve la idea de que este neurotransmisor inhibitorio está implicado en vías y diversas funciones en el SNC, como el comportamiento, el control motor, el estado de ánimo o el sueño¹⁵. Asimismo, se sabe que algunas bacterias de la microbiota intestinal producen GABA, y junto a otros neurotransmisores, afectan el bienestar del hospedero y mantiene su homeostasis². Interesantemente, al GABA microbiano se le ha atribuido funciones, como la modulación de la transmisión sináptica en el sistema nervioso entérico, de la motilidad y de la inflamación intestinal. Además, se ha reportado que el GABA tiene efectos sobre la proliferación de las células inmunitarias, y activan o suprimen la secreción de citocinas¹. Así pues, el GABA endógeno o microbiano puede influir a la respuesta inmune. En este sentido, existe un creciente interés por comprobar si bacterias patogénicas median la comunicación entre los sistemas metabólico, inmune periférico y el SNC a través del eje microbiota-intestino-cerebro¹⁶.

Ahora bien, dada la extrema complejidad del sistema nervioso de los animales superiores, combinada con la extraordinaria diversidad microbiana, es difícil comprender, a nivel molecular, cómo los microorganismos modulan las interacciones con el sistema nervioso. Afortunadamente, estas interacciones no son exclusivas de los organismos vertebrados, lo que permite una investigación básica y significativa en modelos más simples y definidos, como es el caso del nemátodo de vida libre *Caenorhabditis elegans* (*C. elegans*), organismo modelo utilizado ampliamente en estudios de patogénesis microbiana e inmunidad innata, pues se ha demostrado que gran cantidad de patógenos humanos lo infectan y matan. También, tiene un sistema nervioso simple con la mayoría de las características presentes en organismos superiores, incluido el sistema de neurotransmisión GABAérgico con su maquinaria biosintética, sus componentes anatómicos-funcionales y las conexiones sinápticas⁴. Estas características hacen al *C. elegans* un modelo excelente para examinar las funciones de neuronas y circuitos neuronales específicos en la regulación inmunitaria durante la infección por patógenos, su uso podría mejorar nuestra

comprensión de cómo los sistemas nervioso e inmunológico interactúan entre sí para permitir que el hospedero sobreviva en un entorno patógeno en constante cambio¹⁷. Aprovechando lo anterior, se llevaron a cabo ensayos de patogenicidad en la cepa salvaje de *C. elegans* con el objetivo de determinar como la actividad del sistema GABAérgico influye en los procesos de infección de EPEC en el organismo modelo *C. elegans*.

PARTE EXPERIMENTAL

En este estudio se utilizó la cepa de *C. elegans* Bristol N2 (tipo salvaje proporcionada por el Caenorhabditis Genetics Center (CGC, Minneapolis, MN, EE. UU.). Todos los experimentos se realizarán con gusanos desde el estado larvario L4, sincronizados por edad según los métodos estándar¹⁸, cultivados en placas de Nematode Growth Medium agar (NGM) sembradas con la fuente de alimento de referencia, *E. coli* OP50 o con la fuente alimentaria patógena, en ambos casos a <20°C.

La cepa de *E. coli* Enteropatógena fue donadas por el Dr. Fernando Navarro García (CINVESTAV) Las cepas. patógena y de referencia se cultivaron en placas de agar nutritivo, las cuales fueron incubadas a 37°C por 18-20 h. Posteriormente, a partir de una colonia proveniente de esos cultivos se realizará otro cultivo en caldo LB incubado por toda la noche (37°C, 250 rpm) hasta llegar a una densidad óptica de 0.1 (OD 600 nm, 1x10⁸ UFC/mL).

Protocolo de infección de *C. elegans*.

Para infectar a los gusanos, se prepararon placas de agar NGM de 35 mm con la cepa de estudio (EPEC), así como *E. coli* OP50 como control. Se añadieron 30 microlitros del stock de los cultivos de las cepas en caldo LB. En cada placa de infección fueron transferidos 30 gusanos, los cuales serán mantenidos a 20°C.

Grupos de Estudio

Se establecieron 4 grupos, un grupo control (OP50), donde los gusanos fueron alimentados con la cepa *E. coli* OP50 convencionalmente usada como alimento en el laboratorio, y 3 grupos de estudio, un grupo EPEC, alimentado con la cepa *E. coli* Enteropatógena, y grupos de animales alimentados con EPEC y expuesta a ácido γ -aminobutírico (EPEC GABA) o expuesto a Picrotoxina (EPEC PTX)

Ensayos de patogenicidad.

Los ensayos de patogenicidad en *C. elegans* se realizaron con las placas de infección previamente descritas, las cuales contenían como alimento a las cepas de estudio, patógenas y de referencia. El monitoreo de la vida de *C. elegans* se realizó por aproximadamente 21 días, que es el tiempo de vida promedio del nemátodo en condiciones óptimas. Los gusanos se transfirieron a placas de infección nuevas con cultivo fresco cada tercer día o antes si la comida se agotó. La viabilidad se determinó tocando a los nemátodo con la punta de un selector de gusanos, si no responden al estímulo mecánico se consideran muertos (Figura 1).



Figura 1. Protocolo experimental del ensayo de Patogenicidad

Todos los ensayos de patogenicidad se realizaron por triplicado. Los resultados fueron analizados usando curvas de supervivencia de Kaplan-Meier y ponderadas con pruebas de Log-Rank, la diferencia entre curvas se estimó con la prueba post-hoc de Holm-Sidak. Se considera como diferencia estadísticamente significativa una $p < 0.05$.

RESULTADOS

Los resultados de estos experimentos mostraron, como se esperaba, una disminución significativa en la esperanza de vida media del grupo EPEC con respecto a la observada con OP50 (11 días Vs 16 días con OP50, LogRank $p < 0.1$, $n = 90$) y la extensión de vida (14 días Vs 20 días con OP50). Esto Confirma que la primera es patogénica.

Posteriormente, se exploró la influencia del sistema GABAérgico sobre esta misma. Estos ensayos mostraron que la exposición a PTX disminuyó la extensión de vida media y la extensión de vida de los gusanos (10 y 13 días respectivamente) en relación con los animales expuestos a solo EPEC (Figura 2, Log Rank $p = 0.00177$, $n=90$) y con el OP50, lo que indicaría un aumento en la patogenicidad. Por lo contrario, GABA exógeno mostro un pequeño aumento en la extensión de vida en comparación al grupo EPEC sin tratamiento, sin embargo, no fue una diferencia significativa (Figura 2, Log Rank $p = 0.0253$, $n=90$). Lo anterior sugiere que la actividad GABAérgica está relacionada con la respuesta a largo plazo a la infección a EPEC.

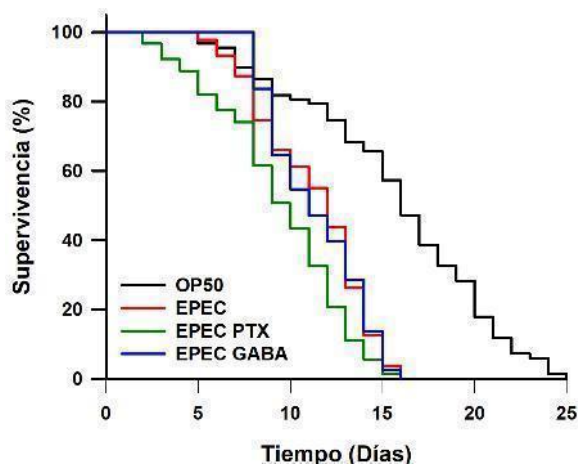


Figura 2. Curvas de supervivencia de Kaplan Meier. Elaboradas con los ensayos de Patogenicidad de los grupos de gusanos infectados con EPEC, y tratados y no tratados con GABA o Picrotoxina. Los resultados fueron analizados con Pruebas Log-Rank con prueba post-hoc de Holm-Sidak para comparaciones múltiples. $n = 90$ y se consideran significativos una $P < 0.05$

CONCLUSIONES

Estos resultados sugieren que la inhibición de los receptores $GABA_A$ aumenta la patogenicidad de EPEC en el nematodo *C. elegans*. Esto es evidencia de que el Sistema GABAérgico está involucrado, al menos en parte, en los procesos a largo plazo de Resistencia a la infección a la bacteria diarrogénicas *E. coli Enteropatógena*.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Jin, Z., Mendu, S. K. & Birnir, B. GABA is an effective immunomodulatory molecule. *Amino acids* 45, 87-94 (2013). <https://doi.org/10.1007/s00726-011-1193-7>
- 2 Strandwitz, P. Neurotransmitter modulation by the gut microbiota. *Brain Research* 1693, 128-133 (2018). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.brainres.2018.03.015>

- 3 López, F. E., de las Mercedes Pescaretti, M., Morero, R. & Delgado, M. A. Salmonella Typhimurium general virulence factors: A battle of David against Goliath? *Food Research International* 45, 842-851 (2012). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.08.009>
- 4 Jorgensen, E. M. in *WormBook* (ed Joshua M. Kaplan) (The C. elegans Research Community, 2005).
- 5 Llinás Delgado, A. & Vargas Moranth, R. Eje microbiota-Intestino-Cerebro. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 7, 4531-4547 (2023). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5666
- 6 Zeng, M. Y., Inohara, N. & Núñez, G. Mechanisms of inflammation-driven bacterial dysbiosis in the gut. *Mucosal Immunology* 10, 18-26 (2017). <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/mi.2016.75>
- 7 The, H. C. & Le, S.-N. H. Dynamic of the human gut microbiome under infectious diarrhea. *Current Opinion in Microbiology* 66, 79-85 (2022).
- 8 ASALDE RAMOS, R. E. & CHIMOY EFFIO, P. J. El eje microbiota-intestino-cerebro en la enfermedad de Parkinson. *Salud(i)Ciencia* 26, 18-25 (2024). <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.21840/siic/174373>
- 9 Balan, Y., Gaur, A., Sakthivadivel, V., Kamble, B. & Sundaramurthy, R. Is the Gut Microbiota a Neglected Aspect of Gut and Brain Disorders? *Cureus* 13, e19740 (2021). <https://doi.org/10.7759/cureus.19740>
- 10 Castillo-Álvarez, F. & Marzo-Sola, M. E. Papel de la microbiota intestinal en el desarrollo de diferentes enfermedades neurológicas. *Neurología* 37, 492-498 (2022). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nrl.2019.03.017>
- 11 Revest, M. & Tattevin, P. Diarreas infecciosas. *EMC - Tratado de Medicina* 22, 1-7 (2018). [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1636-5410\(18\)41291-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1636-5410(18)41291-3)
- 12 Mayer, E. A., Knight, R., Mazmanian, S. K., Cryan, J. F. & Tillisch, K. Gut Microbes and the Brain: Paradigm Shift in Neuroscience. *The Journal of Neuroscience* 34, 15490-15496 (2014). <https://doi.org/10.1523/jneurosci.3299-14.2014>
- 13 Megur, A., Baltriukienė, D., Bukelskienė, V. & Burokas, A. The Microbiota–Gut–Brain Axis and Alzheimer’s Disease: Neuroinflammation Is to Blame? *Nutrients* 13, 37 (2021).
- 14 Chen, Y., Xu, J. & Chen, Y. Regulation of Neurotransmitters by the Gut Microbiota and Effects on Cognition in Neurological Disorders. *Nutrients* 13, 2099 (2021).
- 15 Ochoa-de la Paz, L. D., Gúllas-Cañizo, R., D’Abril Ruíz-Leyja, E., Sánchez-Castillo, H. & Parodí, J. The role of GABA neurotransmitter in the human central nervous system, physiology, and pathophysiology. *Revista Mexicana de Neurociencia* 22, 67-76 (2021). <https://doi.org/10.24875/rmn.20000050>
- 16 Lynch, S. V. & Pedersen, O. The Human Intestinal Microbiome in Health and Disease. *N Engl J Med* 375, 2369-2379 (2016). <https://doi.org/10.1056/NEJMra1600266>
- 17 Wibisono, P. & Sun, J. Neuro-immune communication in C. elegans defense against pathogen infection. *Curr Res Immunol* 2, 60-65 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.crimmu.2021.04.002>
- 18 Hope, I. A. *C. elegans: A Practical Approach*. 1 edition edn, Vol. 213 304 (Oxford University Press, 1999).

RELACIÓN DEL ÍNDICE GLUCOSA/TRIGLICÉRIDOS CON VARIABLES BIOQUÍMICAS Y ANTROPOMÉTRICAS EN UNA MUESTRA DE JÓVENES DEL ESTADO DE JALISCO

Cynthia Areli Temblador Dominguez¹, Mariana Lizeth Carrillo Hernandez², Africa Samantha Reynoso Roa³, Susan Andrea Gutierrez Rubio³, Araceli Castillo Romero⁴, Teresa Arcelia García Cobian⁵

¹Universidad de Guadalajara, ²Centro Universitario de Ciencias de la Salud, ³Departamento de Fisiología, ⁴Instituto de Terapéutica Experimental y Clínica

cynthia.temblador5205@alumnos.udg.mx

RESUMEN

La resistencia a la insulina (RI) es un problema de salud pública a nivel mundial; se estima que al menos 8 de cada 10 mexicanos con obesidad o sobrepeso en México padecen resistencia a la insulina, lo que aumenta el riesgo de desarrollar síndrome metabólico, diabetes tipo 2 y enfermedades cardiovasculares.

La RI es una alteración metabólica que surge como consecuencia de la reducción de la respuesta celular a la acción de la hormona insulina, lo que ocasiona alteraciones en la homeostasis de la glucosa y lipoproteínas en los principales órganos diana como el músculo esquelético, el hígado y el tejido adiposo. Estudios poblacionales han demostrado que el índice Triglicéridos y Glucosa (IG/T), puede ser útil como tamizaje de RI.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la asociación entre el IG/T con variables antropométricas y bioquímicas en una muestra de jóvenes aparentemente sanos del estado de Jalisco.

A pacientes que acudieron al INTEC y que aceptaron participar mediante firma de consentimiento informado se les tomaron 3 ml de sangre venosa periférica para evaluar glucosa, triglicéridos, colesterol e insulina además de realizar antropometría. Se incluyeron 56 pacientes con una edad promedio de 24.1 ± 10.5 , de los cuales el 31.5% hombres y 68.5% mujeres. Los promedios fueron: glucosa 87.4 ± 9.6 ; triglicéridos 98.2 ± 63.4 ; colesterol 169.9 ± 47.6 ; insulina 29.5 ± 24.3 ; IG/T 8.2 ± 0.56 , %grasa corporal 31.06 ± 10.9 , %músculo 46.9 ± 10.3 , índice cintura/cadera 0.83 ± 0.07 , grasa visceral 4.8 ± 3.6 . El promedio del índice IG/T fue 8.2. Se observó correlación estadística entre el índice IG/T y las variables de índice cintura/cadera ($r=.381$, $p=.009$) y grasa visceral ($r=.566$, $p=.000$), mientras que no se encontró ninguna correlación entre insulina y las demás variables.

A pesar de que la media de índice IG/T fue de 8.2 no se observó una correlación significativa entre los niveles de insulina y las otras variables, lo que indica que la insulina no está directamente asociada con las mediciones antropométricas en esta muestra. Por otro lado, sí se encontró correlación significativa entre el IG/T con la índice cintura/cadera (ICC) y con la grasa visceral; por lo cual se puede hipotetizar que estos pacientes se encuentran en una etapa temprana de resistencia a la insulina donde, a pesar de las concentraciones alteradas de glucosa y triglicéridos, los valores de insulina se encuentran aún dentro del rango normal para la edad. Esto podría indicar una adecuada secreción pancreática de la hormona necesaria para mantener los niveles de glucosa aun con sobrepeso u obesidad.

INTRODUCCIÓN

La insulina es una hormona anabólica secretada por las células β del páncreas en respuesta a niveles elevados de glucosa en sangre. Su función principal es facilitar el ingreso de glucosa a las células musculares y adiposas para su utilización o almacenamiento, además de inhibir la producción hepática de glucosa. En condiciones fisiológicas normales, este proceso permite mantener la

homeostasis glucémica. Sin embargo, cuando los tejidos periféricos, principalmente el músculo esquelético, el hígado y el tejido adiposo presentan una respuesta disminuida a la acción de la insulina, se establece una condición conocida como resistencia a la insulina (RI), que altera significativamente el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas, constituyéndose como un mecanismo fisiopatológico clave en el desarrollo de enfermedades metabólicas crónicas como la diabetes mellitus tipo 2 (DM2), el síndrome metabólico, la hipertensión arterial, la enfermedad hepática grasa no alcohólica y diversas formas de dislipidemia (Guerrero-Romero F, 2010) (Vega-Cárdenas M, 2020).

La RI es un trastorno multifactorial de origen complejo. En sus etapas iniciales, el organismo compensa la insensibilidad a la insulina mediante una hiperinsulinemia secundaria, es decir, un aumento en la secreción de insulina por parte del páncreas, que permite mantener niveles normales de glucosa en sangre. Sin embargo, con el tiempo, esta capacidad compensatoria se deteriora progresivamente hasta que las células β -pancreáticas no pueden mantener una secreción suficiente, lo que marca el inicio del denominado “fracaso pancreático” y, en consecuencia, la aparición de hiperglucemia persistente y DM2 (Unger G, 2014) (Pérez, 2011).

Diversos factores han sido asociados con el desarrollo de RI, entre ellos el exceso de tejido adiposo visceral, una dieta rica en carbohidratos refinados y grasas saturadas, el sedentarismo, el estrés crónico y predisposición genética. El tejido adiposo, particularmente en su forma visceral, no sólo almacena lípidos, sino que también actúa como un órgano endocrino que secreta adipocinas, citocinas proinflamatorias y factores que promueven estrés oxidativo e inflamación crónica de bajo grado. Estas condiciones contribuyen al desarrollo y mantenimiento de la RI, alterando las vías de señalización intracelular de la insulina, promoviendo acumulación de lípidos en tejidos no adiposos (lipotoxicidad) y exacerbando el estrés del retículo endoplásmico, lo que inhibe aún más la respuesta de los tejidos a la insulina. (Vega-Cárdenas M, 2020) (Melo de Brito AD, 2021).

Tradicionalmente, la evaluación de la sensibilidad a la insulina se ha realizado mediante métodos como el clamp euglucémico-hiperinsulinémico considerado el estándar de oro, el modelo homeostático HOMA-IR o el índice QUICKI. Sin embargo, estos métodos tienen limitaciones importantes en la práctica clínica diaria por su costo, complejidad operativa o por requerir determinaciones de insulina que no siempre están disponibles en contextos clínicos o epidemiológicos de recursos limitados (Herencia-Anaya K, 2015).

Ante esta realidad, en los últimos años se ha propuesto la índice glucosa/triglicéridos (IG/T) calculado como el logaritmo natural del producto de las concentraciones séricas de triglicéridos y glucosa entre 2, como una herramienta alternativa y confiable para la detección indirecta de RI. Este índice se calcula a partir de la glucosa y los triglicéridos en ayuno mediante una fórmula logarítmica.

Numerosos estudios han demostrado una alta correlación entre el IG/T y los resultados obtenidos con el clamp euglucémico o el HOMA-IR, incluso con valores predictivos similares para la identificación de sujetos con resistencia a la insulina (Yanes Y, 2019). Además, se ha reportado su utilidad como marcador de riesgo cardio-metabólico en distintas poblaciones, incluidos adolescentes, adultos jóvenes y personas con obesidad (Melo de Brito AD, 2021) (Yanes Y, 2019) (Vega-Cárdenas M, 2020).

Respecto a los puntos de corte del IG/T, aunque no existe aún un valor universalmente aceptado, diversos autores han propuesto rangos para su uso clínico. Unger et al. sugieren un valor de corte de 8.8 para hombres y 8.7 para mujeres, mientras que Yanes y Morales-González han documentado que un valor de 8.1 muestra buena concordancia con el índice HOMA-IR en adultos mexicanos. Esta disparidad en los valores de referencia destaca la importancia de validar los puntos de corte en poblaciones específicas, considerando factores como la edad, el sexo, la composición corporal y los hábitos alimentarios.

En México, la prevalencia de sobrepeso y obesidad continúa en aumento. Según los datos más recientes de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2022, el 38.3% de los adultos presentan sobrepeso, el 36.9% obesidad, y el 81% obesidad abdominal, medida a través del índice cintura/cadera (ICC). Estas condiciones se correlacionan significativamente con el aumento en el

diagnóstico de DM2 (1.7%), hipertensión arterial (3.6%) y dislipidemias (2.3%) en comparación con adultos con IMC normal. (Pública., 2022).

Asimismo, se reporta que el 18.3% de la población adulta ya ha sido diagnosticada con diabetes mellitus tipo 2, lo que representa una carga sustancial para el sistema nacional de salud.

Dado este panorama, se hace indispensable fortalecer los sistemas de vigilancia metabólica en población joven, que constituye un grupo clave para la prevención de enfermedades crónicas en etapas posteriores de la vida. El uso del IG/T como herramienta de tamizaje accesible y eficiente puede facilitar la detección oportuna de estados subclínicos de resistencia a la insulina, permitiendo intervenir antes de que se proceda a alteraciones metabólicas irreversibles.

En este contexto, el presente estudio tiene como propósito determinar la asociación entre el IG/T y distintas variables antropométricas y bioquímicas en una muestra de adultos del estado de Jalisco. Se busca contribuir a la validación del IG/T como marcador alternativo de RI, así como identificar factores asociados que permitan enfocar esfuerzos de prevención y tratamiento de manera más eficaz en esta población.

PARTE EXPERIMENTAL

Se llevó a cabo un estudio transversal comparativo, aprobado por el Comité de Ética del Centro Universitario de Ciencias de la Salud (CUCS). Se incluyó un total de 56 participantes mayores de 18 años, de ambos sexos, clínicamente sanos, que acudieron al Instituto de Terapéutica Experimental y Clínica (INTEC) y que firmaron el consentimiento informado. Se excluyeron mujeres embarazadas, en lactancia o en uso de anticonceptivos hormonales, así como personas en tratamiento con medicamentos o suplementos herbolarios.

Se tomaron 3 mL de sangre venosa en ayuno (≥ 8 h) para cuantificar glucosa, triglicéridos, colesterol e insulina, utilizando el equipo ERBA X180 y ELISA Kit DRG, respectivamente. El IG/T se calculó mediante la fórmula:

$$1. \quad \text{IG/T} = \text{Ln} [(\text{Triglicéridos mg/dL} \times \text{Glucosa mg/dL}) / 2]$$

Las mediciones antropométricas incluyeron: talla, peso, % de masa muscular, % grasa corporal total, % grasa visceral, (evaluadas por TANITA), así como la circunferencia de cintura y cadera.

Se calculó el índice de masa corporal:

$$2. \quad \text{IMC} = \text{Peso (kg)} / \text{Talla (m)}^2$$

Y el índice cintura/cadera:

$$3. \quad \text{ICC} = \text{Perímetro de la cintura} / \text{Perímetro de la cadera}$$

Se utilizó SPSS v25.0 para el análisis estadístico. Se realizaron estadísticos descriptivos (medias, desviaciones estándar, frecuencias), prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y coeficientes de correlación de Spearman. Se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0.05$.

RESULTADOS

La edad promedio de los participantes fue de 24.1 ± 10.5 años, con predominio femenino (68.5%).

Las medias de las variables bioquímicas fueron: glucosa 87.4 ± 9.6 mg/dL, triglicéridos 98.2 ± 63.4 mg/dL, colesterol 169.9 ± 47.6 mg/dL, e insulina 29.5 ± 24.3 $\mu\text{IU/mL}$, mientras que el valor promedio del IG/T fue 8.2 ± 0.56 (Tabla 1)

Desde la perspectiva antropométrica, se encontró que el 28.8% de los pacientes presentaba sobrepeso (IMC 25 - 29.9) y el 26.9% obesidad (IMC ≥ 30) (Tabla 2). Sin embargo, si se analiza por circunferencia de cintura observamos que más del 24 % de las mujeres están en riesgo alto y de los hombres alrededor del 60 % se encuentra en riesgo o alto riesgo. Asimismo, el 15.38% de los participantes mostró niveles de glucosa concordantes con prediabetes (100–125 mg/dL), el 13.46% presentaron niveles de hipertrigliceridemia (>150 mg/dL) y el 19.6% niveles asociados con hipercolesterolemia (>200 mg/dL), todos ellos indicativos de dislipidemia (Tabla 4).

El análisis de correlación reveló asociaciones estadísticamente significativas entre el IG/T y el índice cintura/cadera ($r = 0.381$; $p = 0.009$), así como con la grasa visceral ($r = 0.566$; $p < 0.001$) (Tabla 5). No se observó correlación significativa entre los niveles de insulina y las variables antropométricas.

Tabla 1. Media y Desv. Estándar de las variables bioquímicas y antropométricas de los participantes del estudio

	Media	Desv. Estándar
Peso	71.40	18.05
Talla	163.89	8.25
Circunferencia cintura	85.13	12.25
Circunferencia cadera	101.83	11.20
Grasa %	31.06	10.95
Grasa Visceral %	4.88	3.63
Músculo %	46.93	10.33
Glucosa mg/dL	87.4	9.69
Triglicéridos mg/dL	98.26	63.43
Colesterol mg/dL	169.92	47.63
Insulina u/mL	26.59	24.34
Índice Glucosa/Triglicéridos	8.2	.568
Índice Cintura/Cadera	.8343	.079

Tabla 2. Distribución del índice de masa corporal en participantes del estudio

	IMC		
	kg	N.	N. %
Peso Normal	18.5 - 24.9	23	44.23%
Sobrepeso	25.0 - 29.9	15	28.84%
Obesidad	>30	14	26.92%

Tabla 3. Distribución de la circunferencia de cintura expresado por sexo de los participantes del estudio

	Normal	N.	Riesgo	N.	Alto Riesgo	N.
Mujeres	51.51% (<80 cm)	17	24.24% (81- 87 cm)	8	24.24% (>87 cm)	8
Hombres	38.48% (<94 cm)	5	46.15% (95 - 102 cm)	6	15.38% (>102 cm)	2

Tabla 4. Porcentaje de participantes con puntos de corte de las variables bioquímicas en niveles normales y elevados

	Glucosa	N.	Triglicéridos	N.	Colesterol	N.
Normales	84.61% (70 - 99)	44	86.53% (< 150)	45	80.39% (< 200)	41
Elevados	15.38% (100 - 125)	8	13.46% (> 150)	7	19.60% (> 200)	10

Tabla 5. Correlación estadística positiva entre el IG/T y las variables antropométricas de ICC y grasa visceral

		Índice Triglicéridos/Glucosa
Índice Cintura/Cadera	Coefficiente de correlación	.381
	Sig. (bilateral)	.009
	N.	46
Grasa Visceral	Coefficiente de correlación	.566
	Sig. (bilateral)	.000
	N.	51

CONCLUSIÓN

Los hallazgos obtenidos en esta investigación subrayan la relevancia del índice glucosa/triglicéridos (IG/T) como una herramienta útil, práctica y accesible para la identificación temprana de resistencia a la insulina (RI) en poblaciones jóvenes. El valor promedio de IG/T observado (8.2) se encuentra dentro del rango propuesto por estudios previos como indicativo de RI, lo que sugiere una posible disfunción metabólica incipiente en esta muestra, a pesar de que los niveles de insulina no mostraron correlaciones significativas con las demás variables evaluadas. Esto refuerza la hipótesis de que el páncreas, en esta fase temprana, aún conserva una respuesta compensatoria adecuada mediante la secreción de insulina, pero ya no es completamente efectiva para mantener la homeostasis de glucosa y lípidos.

Asimismo, las correlaciones estadísticamente significativas entre el IG/T, el ICC y la grasa visceral, consolidan su valor como marcador metabólico en estudios poblacionales donde los métodos convencionales como el HOMA-IR o el clamp euglucémico-hiperinsulinémico resultan poco viables por su alto costo o complejidad operativa. Estos parámetros antropométricos, especialmente la distribución de grasa central, se evidencian como factores fuertemente asociados a la aparición de RI, lo cual se alinea con la literatura científica que señala a la obesidad abdominal como un predictor clave de alteraciones metabólicas.

De manera preocupante, un número considerable de pacientes mostró niveles alterados de glucosa (15.38%), colesterol (19.6%) y triglicéridos (13.46%), junto con una alta prevalencia de sobrepeso u obesidad, evidenciado tanto por IMC como por circunferencia de cintura lo que indica una situación de riesgo potencial para el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles como la DM2, dislipidemias, síndrome metabólico e incluso complicaciones cardiovasculares. Estos datos deben interpretarse como una señal de alerta para las autoridades sanitarias y para la comunidad médica, en relación con la necesidad de establecer políticas de detección oportuna y estrategias de intervención enfocadas en el estilo de vida saludable, alimentación y actividad física, especialmente en poblaciones jóvenes donde aún es posible revertir el curso natural de estas alteraciones.

Finalmente, el uso del IG/T como marcador metabólico temprano, asequible y accesible podría ser una herramienta clave en la vigilancia epidemiológica y en la práctica clínica preventiva, permitiendo intervenir antes de que se manifiesten daños irreversibles, que contribuyan a la disminución de la carga asistencial y económica que representa la RI y sus complicaciones en el sistema de salud.

BIBLIOGRAFÍA

- Guerrero-Romero F, S.-M. L.-O.-A.-Z.-G.-C. (2010). The product of triglycerides and glucose, a simple measure of insulin sensitivity. Comparison with the euglycemic-hyperinsulinemic clamp. *J Clin Endocrinol Metab*, 95: 3347-51.
- Herencia-Anaya K, H.-C. M.-F. (2015). RI en estudiantes de medicina con sobrepeso. *Rev méd Panacea.*, 2015;5(1):4-10.
- Melo de Brito AD, H. H. (2021). Predictive capacity of TyG index in children and adolescents. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 61(16):2783-92.
- Pérez, M. R.-G. (2011). Obesidad, adipogénesis y resistencia a la insulina. . *Endocrinología Y Nutrición*, 58(7), 360–369.
- Pública., I. N. (2022). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT). México.
- Unger G, B. S. (2014). Índice triglicéridos y glucosa: un indicador útil de insulinoresistencia. *Endocrinol Nutr.* , 61(10):533-40.
- Vega-Cárdenas M, F.-S. J.-R.-A.-M.-T. (2020). Distribución del índice triglicéridos y glucosa (TyG) y el modelo homeostático para la evaluación de la resistencia a la insulina en la adolescencia tardía en mexicanos. *Nutr Hosp.*, 39(6):1349-56.
- Yanes Y, M.-G. M. (2019). Concordancia del IGyT con HOMA-IR para diagnóstico de RI. Estudio retrospectivo.

RELACIÓN ENTRE LA VELOCIDAD DE INGESTA DE ALIMENTOS Y EL SOBREPESO EN 100 ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS: POSIBLE INFLUENCIA DE LA COLECISTOQUININA

Irán Cortés-Trujillo, Karla Iliada Mujica-López, Noemí Yolanda Velázquez-Suarez.

Departamento de Ciencias Médicas y de la Vida. Centro Universitario de la Ciénega. Universidad de Guadalajara

iran.cortes@academicos.udg.mx

RESUMEN

El control del peso corporal depende de diversos factores, como la cantidad y calidad de los alimentos, así como aspectos genéticos y fisiopatológicos. Un factor que influye en el peso es la velocidad con que ingerimos los alimentos. Las hormonas digestivas, como la colecistoquinina (CCK), tienen un papel esencial en la regulación de la saciedad y el apetito. Esta hormona se libera en el intestino delgado, específicamente en el duodeno, entre 15 y 30 minutos después de consumir alimentos, su función principal es estimular la liberación de bilis y enzimas pancreáticas para la digestión, e inducir la sensación de saciedad¹. Cuando hay disfunción en la liberación de CCK, como al comer rápidamente, la sensación de saciedad puede no activarse adecuadamente, lo que provoca que se ingieran más alimentos de los necesarios. Esto puede contribuir al sobrepeso y la obesidad, ya que el cerebro no recibe a tiempo la señal de saciedad, resultando en un consumo excesivo de calorías². Los estudiantes universitarios por sus múltiples actividades escolares suelen tener horarios ajustados y generalmente no tienen una rutina preestablecida para comer, por lo que su ritmo acelerado de ingesta y la falta de atención a las señales de saciedad podrían favorecer el sobrepeso. Este estudio examina la relación entre la velocidad de ingesta y el sobrepeso en 100 estudiantes universitarios entre 18 y 24 años. Se recolectaron datos somatométricos, como peso, talla e índice de masa corporal (IMC), y se aplicó una encuesta sobre hábitos alimenticios que incluyó el tipo de alimentos consumidos, el tiempo de ingesta, las actividades realizadas durante las comidas y antecedentes de enfermedades personales y familiares. Los resultados indicaron que el 56% de los estudiantes tenía un IMC normal, el 32% sobrepeso, 7% obesidad y 5% estaba por debajo del peso adecuado. El tiempo dedicado a comer osciló entre 5 y 30 minutos, con un promedio de 16.4 minutos y un valor modal de 20 minutos (38 observaciones). Al clasificar a los estudiantes por IMC, se observó que el grupo con obesidad dedicaba el menor tiempo a comer con promedio de 10 minutos, mientras el grupo normopeso tardaba 19.19 minutos y sobrepeso 12.34 minutos. Por otro lado, el 43% de estudiantes señalaron ver pantallas en los momentos de comida (TV o celular) y 21% platicaban. El 32% de los encuestados señalaron tener alguna enfermedad diagnosticada y el 76% antecedentes familiares de diabetes e hipertensión. Los datos obtenidos sugieren una relación entre la velocidad de ingesta y el peso corporal, la liberación de CCK podría ser un factor clave, debido a que comer rápidamente implica una mayor ingesta de alimentos en un corto período, favoreciendo el aumento de peso.

Este patrón podría contribuir al desarrollo de obesidad y trastornos metabólicos, por lo que cuidar el tiempo dedicado al consumo de alimentos podría ser un factor de prevención de sobrepeso y complicaciones relacionadas.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el control de peso es un tema de gran relevancia y que ha generado mucha polémica, especialmente por el notable incremento de las enfermedades de origen metabólico. Se sabe que el sobrepeso y la obesidad son fenómenos multifactoriales; donde, la cantidad y calidad de los alimentos que consumimos juegan un papel determinante; sin embargo, la genética, así como otros factores fisiológicos y patológicos, también tienen un impacto significativo.

Se han buscado soluciones simples para mejorar el control de peso y, por ende, reducir el riesgo de desarrollar enfermedades asociadas a la obesidad, como la diabetes mellitus (DM). Se sabe que la selección de alimentos, los horarios y el ritmo de consumo impactan en cómo nuestro cuerpo procesa y responde a la ingesta, influyendo directamente en la sensación de saciedad. La velocidad de ingesta está relacionada con la producción de hormonas que participan en los procesos digestivos, por ejemplo, la colecistoquinina (CCK) que juega un papel esencial en la regulación del apetito. La CCK se libera en el intestino delgado, alcanzando valores significativos después de 15 minutos de consumir alimentos, su función principal es estimular la liberación de bilis y enzimas pancreáticas además de inducir la sensación de saciedad. Al comer rápidamente, la CCK no se libera adecuadamente, lo que provoca que se ingieran más alimentos de los necesarios, lo que puede contribuir al sobrepeso y la obesidad (1; 2), ambos fenómenos se han convertido en un problema de salud pública, pues en las últimas décadas han incrementado su tasa en todos los grupos poblacionales, en especial en personas jóvenes.

Un grupo de riesgo de desarrollar sobrepeso y obesidad son los estudiantes universitarios, quienes se caracterizan por horarios ajustados y la ausencia de rutinas de comida establecidas que los predispone a comer de forma apresurada. Este ritmo acelerado de ingesta y la falta de atención a las señales de saciedad, pueden convertirse en factores determinantes que favorecen el aumento de peso en esta etapa de sus vidas, por lo que con el presente trabajo se pretende conocer si los tiempos de ingesta de alimentos de los universitarios impactan en su peso corporal.

TEORÍA

La colecistoquinina (CCK) es una hormona peptídica producida en el tracto gastrointestinal, especialmente es sintetizada y liberada por las células enteroendocrinas (células I) en el revestimiento mucoso, principalmente del duodeno y el yeyuno (3). Desempeña un papel importante en la digestión de los alimentos, ya que facilita la liberación de enzimas digestivas y sales biliares hepáticas desde el páncreas y la vesícula biliar hasta el intestino delgado. Las macromoléculas de los alimentos, como las proteínas, los polisacáridos y los triglicéridos, fluyen hacia el intestino delgado, donde se digieren y sintetizan en nutrientes absorbibles, como aminoácidos, monosacáridos y ácidos grasos. Actualmente, se sabe que la CCK es altamente compleja, dado que es un sistema mensajero peptídico heterogéneo y multifuncional que se dirige a una multitud de órganos y tejidos en el cuerpo a través de receptores GPR (receptores acoplados a proteína G) (4). El gen CCK codifica seis péptidos bioactivos diferentes (CCK-83, -58, -33, -22, -8 y -5) que se expresan de manera específica para cada célula en formas O-sulfatadas y no sulfatadas. Cabe señalar que, aunque los productos hormonales de las variantes no sulfatadas de CCK-58, -33, -22 y -8, suelen pasar por desapercibidos, éstas constituyen en promedio, alrededor del 25% de la cantidad total de péptidos bioactivos en las células I (5). Estudios transcriptómicos e inmunohistoquímicos han mostrado una coexpresión de CCK con otras hormonas intestinales, incluyendo el polipéptido insulíntrópico dependiente de la glucosa (GIP), los péptidos similares al glucagón 1 y 2 (GLP-1 y GLP-2), secretina y neurotensina (6; 7). Otro estudio transcriptómico que incluyó todas las poblaciones de células enteroendocrinas en el intestino delgado reveló una superposición de la expresión de CCK en la mayoría de los tipos de células enteroendocrinas definidos por el perfil de expresión hormonal (8 Haber et al. 2017).

Se ha descrito que los péptidos CCK no solo son hormonas, sino también son potentes neurotransmisores, factores paracrinós de crecimiento y saciedad, citocinas antiinflamatorias, incretinas, posibles factores de fertilidad y marcadores tumorales útiles. En este respecto, la regulación de la secreción ácida en el estómago ha mostrado evidencia de los diferentes papeles desempeñados por la expresión celular específica de los receptores CCK. Por ejemplo, se ha documentado la participación de las estructuras de los receptores CCK1 y CCK2, así como su distribución y expresiones preferenciales en el tracto digestivo y las neuronas cerebrales, respectivamente; aunque recientemente, también se ha sugerido la expresión de un tercer receptor CCK3 en el tejido cerebral (4). Se han medido los patrones secretores de CCK en sangre y se ha observado que, en estado basal, es decir, después de un ayuno de 8 a 10 h, las concentraciones plasmáticas de CCK en los mamíferos son bajas (0,1 a 1,5 pmol/L). Después del inicio del consumo de una comida mixta, las concentraciones plasmáticas de CCK aumentan en 3 a 4 min, y alcanza concentraciones máximas después de 10 a 15 min. Dependiendo del tamaño y la composición de la comida, así como de las variaciones individuales, la concentración de CCK permanece elevada durante 3 a 4 h (9). Las alteraciones en los niveles de CCK o en la expresión de sus receptores se han asociado a diversas condiciones de salud, como trastornos digestivos, enfermedades autoinmunes, trastornos mentales entre otros. Las concentraciones plasmáticas reales de CCK tras una comida es suficiente para vaciar la vesícula biliar, estimular la secreción de enzimas pancreáticas e iniciar la señalización de saciedad al cerebro a través de los nervios vagos aferentes (4).

PARTE EXPERIMENTAL

Tipo de estudio; Observacional-Descriptivo.

Muestra poblacional: 100 individuos

Criterios de inclusión: Individuos de sexo indistinto, estudiantes universitarios, con un rango de edad de 19-24 años.

Criterios de exclusión: Individuos con diagnóstico de patologías pancreáticas.

Tipo de muestreo: No probabilístico, de conveniencia.

Se recolectó información de 100 individuos, registrando datos somatométricos como peso y talla, con los que posteriormente se calculó el IMC y se clasificó de acuerdo a las categorías establecidas por la OMS. Por medio de un cuestionario en Google Forms fue aplicada una encuesta, la cual incluyó preguntas, sobre hábitos alimenticios, tipo, horarios y tiempos de comida, así como, actividades realizadas en los momentos de ingesta, adicionalmente se consultó sobre antecedentes de enfermedades personales y familiares. Para la recolección y análisis de datos se utilizó una hoja de cálculo Excel, para clasificar, filtrar, codificar, estimar frecuencias y porcentajes de las respuestas.

RESULTADOS

Los resultados mostraron que el 56% de los estudiantes se encuentran en normopeso, sin embargo, es de importancia resaltar que una tercera parte de la muestra presenta sobrepeso (32%), 7% presentó obesidad y 5% estuvo por debajo del peso normal (Figura 1a). Respecto a los tiempos de ingesta, los valores fueron muy diversos con un rango de entre 5 y 30 minutos. El tiempo promedio fue de 16.4 minutos y un valor modal de 20 minutos (38 observaciones). Cuando se evaluaron los tiempos de acuerdo a las categorías de IMC, se observó que el grupo con obesidad dedicaba el menor tiempo a comer con promedio de 10 minutos, mientras la categoría normopeso tardaba casi el doble con una media 19.19 minutos, finalmente, el grupo de sobrepeso registro un valor de 12.34 minutos (Figura 1b).

Al cuestionarse, sobre las actividades que realizaban de forma simultánea al comer, el 43% de estudiantes señalaron ver pantallas (29% celular y 14% la TV), mientras el 21% señaló que era el momento de convivencia familiar por lo que utilizaba este periodo para conversar de temas varios, solo el 34% indico dedicarse exclusivamente a consumir los alimentos.

El 32% de los encuestados señalaron tener alguna enfermedad diagnosticada y el 76% antecedentes familiares de diabetes e hipertensión.



Figura 1. a) Clasificación de acuerdo a las categorías establecidas por la organización mundial de la salud. b) Tiempo promedio de ingesta por grupo IMC.

CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que la rapidez con que se consumen los alimentos está estrechamente relacionada con el peso corporal, dato concordante con lo reportado por Robinson y su equipo en 2014 (10), algunas razones de este fenómeno podrían ser los exigentes horarios laborales o escolares, hábitos adquiridos desde la infancia u otros factores culturales. Sin embargo, en este estudio destaco que el 43% de los encuestados utilizan pantallas al momento de comer, estos distractores podrían ocasionar menor atención a los tiempos de comida y a la señal de saciedad. Ambos factores, limitan la liberación de CCK contribuyendo al aumento de peso y por ende al desarrollo de obesidad y trastornos metabólicos. En breve, cuidar el tiempo dedicado al consumo de alimentos podría ser un factor de prevención de sobrepeso y complicaciones relacionadas.

El presente trabajo tiene como perspectiva profundizar en los efectos de una ingesta apresurada, por lo que se plantea aumentar la n y dar seguimiento bajo un estricto registro del tiempo, tipo y horarios de comida, así como conocer si al modificar estos aspectos se ve reflejada la disminución de peso.

BIBLIOGRAFÍA

1. Crespo MA, González Matías LC, Lozano MG, Paz SF, Pérez MR, Gago EV, Ferrer FM. 2009. Las hormonas gastrointestinales en el control de la ingesta de alimentos. *Gastrointestinal hormones in food intake control. Endocrinol Nutr.* Jun-Jul;56(6):317-30
2. Forero-Bogotá and Gómez-Leguizamón. 2021. Determinantes fisiológicos y ambientales de la regulación del control de la ingesta de alimentos. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo* 4(1):85-93.
3. Van Niekerk, Kelchtermans L, Broeckhoven E, Coelmont L, Alpizar Y, Dallmeier K. 2024. Cholecystokinin and gastrin as immune modulating hormones: Implications and applications, *Cytokine & Growth Factor Reviews*, Volume 80:37-46.
4. Rehfeld JF. Cholecystokinin - portrayal of an unfolding peptide messenger system. *Peptides*. 2025 Apr;186:171369. doi: 10.1016/j.peptides.2025.171369.

5. Rehfeld JF, and Agersnap M. 2012. Unsulfated cholecystokinin: An overlooked hormone?, *Regulatory Peptides*, 173 (1–3): 1-5.
6. Holst JJ. 2007. The physiology of glucagon-like peptide 1. *Physiol Rev.* 87(4):1409-39.
7. Sykaras AG, Demenis C, Cheng L, Pisitkun T, Mclaughlin JT, Fenton RA, Smith CP. 2014. Duodenal CCK cells from male mice express multiple hormones including ghrelin. *Endocrinology*. 155(9):3339-51.
8. Haber AL, Biton M, Rogel N, Herbst RH, Shekhar K, Smillie C, Burgin G, Delorey TM, Howitt MR, Katz Y, Tirosh I, Beyaz S, Dionne D, Zhang M, Raychowdhury R, Garrett WS, Rozenblatt-Rosen O, Shi HN, Yilmaz O, Xavier RJ, Regev A. 2017. A single-cell survey of the small intestinal epithelium. *Nature*. 16;551(7680):333-339.
9. Rehfeld JF. 2025. The relationship between cholecystokinin and gastrin, In *Molecular Mediators in Health and Disease: How Cells Communicate Cholecystokinin*, Academic Press, 179-191.
10. Robinson et al. A systematic review and meta-analysis examining the effect of eating rate on energy intake and hunger. 2014 *Am J Clin Nutr.* 100(1):123-51.

VIOLENCIA DE GÉNERO NO PERCIBIDA: NEGACIÓN INCONSCIENTE Y DESCONOCIMIENTO

Sandra Lizeth Miramontes Gómez¹, Rosalinda Gutiérrez Hernández², Mario González Gutiérrez¹, Nallely Ramírez Martínez², Claudia Aracely Reyes Estrada², Santiago Ortega Jiménez² y José Luis Martínez Rodríguez¹

¹Universidad Autónoma de Durango Campus Zacatecas, ²Universidad Autónoma de Zacatecas.
sanliz.slm@gmail.com

RESUMEN

La violencia de género es una problemática de salud pública global que afecta especialmente a mujeres en relaciones de pareja, y suele estar basada en desigualdad, abuso de poder y normas sociales perjudiciales. Este estudio tuvo como objetivo analizar la prevalencia y el riesgo de violencia de género en mujeres con pareja que acuden a una unidad de atención médica de primer nivel. Se realizó un estudio observacional, transversal y analítico entre agosto de 2024 y enero de 2025, con una muestra de 127 mujeres mayores de edad. Se aplicaron los cuestionarios AMAI y WAST para medir factores de vulnerabilidad y riesgo de violencia, respectivamente. Los resultados indicaron que, aunque el 53.5% de las participantes no se identifican como víctimas de violencia, el 47.2% presenta riesgo moderado de sufrirla según el WAST. Asimismo, más de la mitad reporta tensiones con su pareja y dificultades en la resolución de conflictos. Aunque la mayoría no refiere violencia física ni control económico, persisten señales de vulnerabilidad. Las conclusiones sugieren que existe una subestimación o normalización de la violencia, relacionada con factores como baja escolaridad, dependencia económica y alta carga familiar. Se destaca la necesidad de implementar estrategias preventivas, fortalecer la detección temprana y ofrecer atención integral desde el primer nivel de salud.

INTRODUCCIÓN

La violencia de género constituye uno de los principales problemas de salud pública a nivel global, ya que afecta de forma directa el bienestar físico, emocional y psicológico de las personas, especialmente de las mujeres. Este tipo de violencia se manifiesta a través de actos dañinos dirigidos hacia una persona o grupo de personas en función de su género, y suele estar arraigada en estructuras sociales desiguales, normas culturales dañinas y relaciones de poder abusivas. Su impacto va más allá de lo individual, alcanzando a las familias, comunidades e incluso a los sistemas de salud, educación y justicia.^{1,2}

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce la violencia de género como una de las principales amenazas contra los derechos humanos de las mujeres y niñas, y como un obstáculo importante para alcanzar la equidad de género y el desarrollo sostenible.^{1,3} A pesar de los avances en políticas públicas y campañas de concienciación, la violencia de género continúa siendo un fenómeno prevalente, muchas veces invisibilizado o normalizado en distintos contextos sociales.^{1,4} Por lo anterior, es fundamental comprender las causas, factores de riesgo y prevalencia de este problema en contextos locales. Este estudio se enfocó en analizar el riesgo de violencia de género en mujeres con pareja que acuden a una unidad de primer nivel de atención médica, con el fin de identificar patrones que permitan desarrollar estrategias preventivas y de intervención más eficaces.⁵

TEORÍA

La violencia de género es un tipo de violencia que se ejerce sobre una persona debido a su género o identidad de su género, teniendo como resultado, o pueda generando un daño físico, sexual, psicológico u económico generalmente para las mujeres y las niñas, debido a la desigualdad de poder y a los roles de género establecidos en muchas sociedades, inclusive las amenazas de tales

actos, la coacción o la privación arbitraria de libertad, tanto si se producen en la vida pública como en la privada.^{1,5}

Este tipo de violencia inicia en la desigualdad, el abuso de poder y la existencia de reglas dañinas contra un individuo o un grupo de individuos según su género.⁶ Según la Organización Mundial de la Salud una de cada 3 mujeres en el mundo ha sufrido violencia física y/o sexual de pareja o violencia sexual por terceros en algún momento de su vida, y según la CEPAL, en 33 países de la región durante el 2019 la cifra de mujeres asesinadas por el solo hecho de ser mujeres superaba las 3,800.⁷

Durante la pandemia por COVID-19 en el ámbito familiar, todas las mujeres de 15 años y más, 8.5 % declaró que los conflictos iniciaron o aumentaron desde la emergencia sanitaria, 8.2 % indicó que disminuyeron o se resolvieron, 53.4 % dijo que la emergencia sanitaria no generó cambios y el 29.9 % expresó que nunca ha habido conflictos, sin embargo en el ámbito de la relación de pareja, las mujeres separadas, divorciadas o viudas consideraron en mayor medida que los problemas iniciaron o aumentaron desde la emergencia sanitaria (14.8 %), seguido de las mujeres solteras (8.0 %) y de las casadas o unidas (5.3 %).^{8,9}

Existen diversos tipos de violencia de género: como la psicológica, económica, física, sexual, amenazas, coerción, manipulación, además todas estas pueden clasificarse en diferentes contextos: violencia sexual, violencia de pareja, matrimonio infantil, mutilación genital femenina y los supuestos crímenes de honor.¹ La Instancia Ejecutora del Sistema Integral de Derechos Humanos [IESIDH], nos dice que los tipos de violencia de género contemplados y reconocidos en la Ley de Acceso a las Mujeres a una Vida Libre de Violencia de la Ciudad de México más comunes son ⁹:

- Violencia vicaria: El agresor daña o amenaza dañar a personas cercanas a la víctima (generalmente sus hijos).
- Violencia contra los derechos reproductivos: Acción u omisión que limite o vulnere el derecho a las mujeres de decidir libremente y de forma voluntaria sobre su función reproductiva.
- Violencia feminicida: es una forma extrema de violencia a las mujeres, producto de violación de sus derechos que puede culminar en homicidio u otras formas de muerte.
- Violencia simbólica: se da por medio de mensajes, valores, íconos, signos o patrones estereotipados. Producen desigualdad y discriminación en las relaciones sociales, naturalizando la subordinación de la mujer.
- Violencia obstétrica: es toda acción u omisión de personal médico que dañe lastime o denigre a las mujeres durante el embarazo.
- Violencia sexual: acción u omisión que pone en riesgo, amenaza o lesiona la libertad, integridad y desarrollo psicosexual de la mujer que va desde miradas o palabras lesivas hasta la explotación sexual de la mujer.
- Violencia física: acción u omisión intencional que causa daño en su integridad física.
- Violencia patrimonial: ocasiona daño o menoscabo en los bienes o inmuebles de la mujer y su patrimonio.
- Violencia psicoemocional: Genera desvaloración, intimidación y controla acciones, comportamientos y decisiones consistente en prohibiciones, coacción, condicionamientos. Todo aquello que genere alteraciones en la estructura psíquica.
- Violencia económica: aquello que afecta la economía de la mujer, a través de limitaciones encaminadas a ejercer control de sus ingresos y su economía.

Las situaciones de conflicto, posconflicto y desplazamiento pueden agravar la violencia existente, como la infligida contra la mujer por su pareja y la violencia sexual fuera de la pareja, y dar lugar a nuevas formas de violencia contra la mujer. Por lo anterior es de suma importancia conocer los factores que pueden llegar a desencadenar estos tipos de violencia, ya que con eso se pueden tomar

acciones que ayuden a prevenir y evitar los daños que se puedan llegar a causarse debido a este tipo de violencia.⁵

Existen diversos factores de vulnerabilidad que predisponen a las mujeres a ser víctimas de la VG, como el haber vivido situaciones de violencia en la familia de origen o haber sufrido de abusos en la infancia, encontrarse en un entorno donde se consuman drogas, alcohol o tabaco, tener un bajo nivel socioeconómico o marginación social, además de bajo nivel de autoestima, poco nivel cultural. También existen otras actitudes que condicionan o justifican la violencia como un comportamiento “normal” o aceptable, por ejemplo, tener antecedente de haber sufrido VG, problemas de salud mental, aislamiento, escasa red social, aceptación de roles de género tradicionales, discapacidad física, entre otras más.¹⁰

PARTE EXPERIMENTAL

Se realizó un estudio observacional, transversal y analítico entre los meses de agosto de 2024 y enero de 2025. La población de estudio fueron mujeres mayores de edad con pareja, que acudieron a consulta médica en una unidad de primer nivel de atención, y que aceptaron participar mediante la firma de un consentimiento informado, cumpliendo con los principios éticos de confidencialidad, respeto y autonomía.

El total de la muestra fue de 127 mujeres, a quienes se les aplicó una encuesta estructurada con los siguientes instrumentos: el cuestionario AMAI, para establecer su nivel socioeconómico y factores de vulnerabilidad; el cuestionario WAST, con el fin de evaluar el riesgo de violencia de género y preguntas agregadas directamente de elaboración propia.

RESULTADOS

Los datos obtenidos muestran que la mayoría de las participantes tienen entre 30 y 49 años de edad. El 50.4% se encuentra en unión libre y el 57.7% son amas de casa. Además, el 41.7% tiene tres o más hijos, lo que indica una alta carga familiar. En la tabla 1 se observa que los resultados del estudio arrojaron información relevante sobre el perfil sociodemográfico de las participantes y la prevalencia de factores de riesgo asociados a la violencia de género. El 23.6% de la población (la mayoría) pertenece a un nivel sociodemográfico bajo.

Tabla 1. Resultado cuestionario AMAI (Nivel Socioeconómico)

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>AB</i>	13	10.2%
<i>C</i>	27	21.3%
<i>C-</i>	27	21.3%
<i>C+</i>	9	7.1%
<i>D-</i>	21	16.5%
<i>D+</i>	30	23.6%
<i>Total</i>	127	100.0 %

Fuente: elaboración propia a partir de recolección de datos.

La mayoría de las mujeres encuestadas se encuentran entre la tercera y cuarta década de vida (30 a 49 años), un 50.4% se encuentra en una unión libre, lo cual puede implicar relaciones con menor formalidad legal, pero no exentas de compromiso emocional o económico, 57.7% se dedica al trabajo doméstico como amas de casa, lo que podría limitar su independencia económica y un 41.7% tiene tres o más hijos, lo que podría aumentar su carga familiar y dependencia económica de la pareja.

Respecto a la percepción de violencia en la tabla 2 se muestra que el 55.9% declaró no haber sido víctima de violencia, sin embargo, en la tabla 3, el 47.2% fue clasificado con riesgo moderado de violencia de género según el cuestionario WAST. El 55.9% experimenta algún nivel de tensión en su relación de pareja, 46.5% enfrenta dificultades frecuentes para resolver discusiones, 74.8% manifestó no haber experimentado violencia física, 58.3% no percibe control económico por parte de su pareja, 72.4% indicó que nunca se ha sentido obligada a mantener relaciones sexuales.

Estos resultados revelan una posible subestimación de la violencia, especialmente en sus formas no físicas, lo cual puede estar relacionado con factores culturales, sociales o personales. Mencionando las respuestas de la dinámica de pareja; el 55.9% experimenta algún nivel de tensión con su pareja, 46.5% enfrenta dificultades para resolver discusiones, lo que puede generar ambientes hostiles o conflictivos.

Tabla 2. ¿Ha sido víctima de alguno de los siguientes tipos de violencia?

	Frecuencia	Porcentaje
No he sido víctima de ningún tipo de violencia	68	53.5%
Violencia económica	8	6.3%
Violencia física	3	2.4%
Violencia física y Violencia económica	1	0.8%
Violencia psicológica	15	11.8%
Violencia psicológica y Violencia económica	5	3.9%
Violencia psicológica y Violencia física	9	7.1%
Violencia psicológica, Violencia física y violencia económica	7	5.5%
Violencia Psicológica, Violencia física, Violencia económica y violencia sexual	1	0.8%
Violencia Psicológica, Violencia física, Violencia económica, violencia sexual y Violencia vicaria	2	1.6%
Violencia psicológica, Violencia física, Violencia	3	2.4%

patrimonial, Violencia económica		
Violencia psicológica,	1	0.8%
Violencia física, Violencia patrimonial, Violencia económica		
Violencia psicológica,	1	0.8%
Violencia patrimonial		
Violencia psicológica,	1	0.8%
Violencia patrimonial, Violencia vicaria		
Violencia psicológica,	1	0.8%
Violencia sexual		
Violencia sexual	1	0.8%
Total	127	100.0 %

Fuente: elaboración propia a partir de recolección de datos.

Tabla 3. Resultado cuestionario WAST (Riesgo de violencia)

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>Riesgo alto</i>	12	9.4%
<i>Riesgo bajo o nulo</i>	55	43.3%
<i>Riesgo moderado</i>	60	47.2%
<i>Total</i>	127	100.0 %

Fuente: elaboración propia a partir de recolección de datos.

CONCLUSIONES

Los hallazgos del estudio revelan una situación compleja: aunque más de la mitad de las mujeres no se identifica como víctima de violencia de género, casi la mitad presenta un riesgo moderado de sufrirla según las herramientas de evaluación aplicadas. Esta discrepancia puede explicarse por la normalización de conductas violentas, especialmente aquellas que no implican agresión física directa, como la violencia emocional, psicológica o económica. Otro hallazgo relevante es la posible relación entre bajo nivel educativo, dependencia económica y alta carga familiar con una menor capacidad de reconocer situaciones de violencia o de ejercer acciones para enfrentarlas, como la denuncia o la búsqueda de ayuda profesional.

Estos resultados sugieren la necesidad urgente de reforzar la educación en derechos humanos, equidad de género y autonomía personal, así como implementar estrategias comunitarias de

detección temprana, atención integral y acompañamiento a víctimas de violencia. En conclusión, este estudio evidencia que la violencia de género sigue siendo un problema presente, aunque en muchos casos subestimado o no reconocido por las propias víctimas.

Es imprescindible que los servicios de salud, especialmente en el primer nivel de atención, fortalezcan sus mecanismos de detección y atención a mujeres en riesgo de violencia, incorporando herramientas como el cuestionario WAST y capacitación al personal sanitario. La intervención temprana puede marcar una diferencia significativa en la vida de estas mujeres, evitando la escalada de la violencia y promoviendo relaciones saludables y equitativas.

Finalmente, se recomienda el diseño de políticas públicas intersectoriales que aborden las raíces estructurales de la violencia de género, con enfoque de género, derechos humanos y justicia social.

BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud. (2021). *Violencia contra la mujer*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/violence-against-women>
2. Secretaría de Salud. (2023). *Guía para la detección de la violencia de género en el primer nivel de atención médica*. México: Gobierno de México.
3. García, A. & Ramírez, M. (2022). Evaluación del riesgo de violencia en mujeres en atención primaria. *Revista de Salud Pública*, 24(3), 45-53.
4. Vega, L. (2020). *Normas de género y violencia doméstica en contextos rurales*. Editorial Universitaria.
5. Organización panamericana de la Salud. (7 de abril de 2021). *COVID-19 y violencia contra la mujer lo que el sector y el sistema de salud pueden hacer*. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52034/OPSNMHMHCovid19200008_spa.pdf
6. Organización de las Naciones Unidas. (17 de junio de 2023). *La VG es una de las violaciones más generalizadas de los derechos humanos en el mundo*. <https://unric.org/es/la-violencia-de-genero-segun-la-onu/>
7. Organización de las Naciones Unidas Mujeres. (10 de noviembre 2020). *El impacto de la pandemia por COVID 19 en la violencia contra las mujeres*. <https://ecuador.unwomen.org/es/noticias-y-eventos/articulos/2020/11/impacto-de-la-pandemia-covid-en-violencia-contra-las-mujeres-0>
8. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). *Violencia contra las mujeres en México*. <https://www.inegi.org.mx/tablerosestadisticos/vcmm/#COVID-19>
9. Instancia Ejecutora del Sistema Integral de Derechos Humanos. (2024). *Tipos de Violencia de género*. <https://sidh.cdmx.gob.mx/material-de-apoyo/tipos-violencia-genero>
10. González Fernández-Conde, M.M., Camero Zavaleta, C.E., & Méndez Suárez, M. (2023). *Prevención primaria de violencia de género*, 49 (1), 31-41. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2023.102845>

EFFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA SOBRE LA BIOACCESIBILIDAD *IN VITRO* DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES, ÁCIDO ASCÓRBICO Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CÁSCARA DE AGUACATE (*Persea Americana Mill Var. Hass*)

Vania Palma-González, Quinatzin Yadira Zafra-Rojas, Nelly del Socorro Cruz-Cansino, Esther Ramírez-Moreno, Ernesto Alanís-García

Área Académica de Nutrición, Instituto de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
quinatzin_zafra@uaeh.edu.mx

RESUMEN

El procesamiento del aguacate (*Persea americana* Mill) genera residuos (semilla y cáscara) representando del 21-30% de su peso total y son residuos de la industria con alto contenido en compuestos bioactivos¹. El objetivo fue evaluar la bioaccesibilidad *in vitro* de compuestos fenólicos totales (CFT), ácido ascórbico (AA) y capacidad antioxidante mediante ABTS, DPPH y FRAP en la cáscara de aguacate a diferentes tamaños de partícula. La cáscara de aguacate congelada fue obtenida de un restaurante de Cd. Sahagún, Hgo. Se liofilizó, molió y tamizó a 3 tamaños de partícula (250, 500 y 850 μm) y una muestra sin tamizar se usó como control ($>850 \mu\text{m}$). Para evaluar la bioaccesibilidad *in vitro* se utilizó el modelo descrito por Trinidad, Wolever y Thomson², con algunas modificaciones³. La fracción bioaccesible que atravesó la membrana de diálisis se utilizó para cuantificar los compuestos antioxidantes (fenoles totales y ácido ascórbico), así como su capacidad antioxidante por los métodos ABTS, DPPH y FRAP, mediante espectrofotometría⁴⁻⁶. Las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como la media $\pm$ desviación estándar (DE), analizados mediante ANOVA y las diferencias entre las medias se compararon con la prueba Tukey a un nivel de significancia de $p < 0.05$, a través del paquete estadístico SPSS versión 15.0. Los resultados mostraron que la cáscara de 250 μm tuvo elevado contenido de CFT, ABTS, DPPH y FRAP ($8227.12 \pm 643.54 \text{ mg EAG/100 g bs}$, $1705.38 \pm 24.83 \text{ mg EAA/100 g bs}$, $17606.10 \pm 193.96 \mu\text{mol ET/100 g bs}$ y $419.46 \pm 11.19 \mu\text{mol Fe (II)/100 g bs}$, respectivamente). Mientras que, las muestras de 500 y 850 μm presentaron mayor cantidad en AA (155.15 ± 11.59 y $142.31 \pm 7.68 \text{ mg EAA/100 g bs}$). En la cáscara control también se observó alto contenido de CFT ($7684.11 \pm 665.66 \text{ mg EAG/100 g bs}$). Por lo anterior, la cáscara de aguacate a tamaño de 250 μm fue la más alta significativamente, respecto a las demás muestras, por lo que podría aprovecharse en la industria alimentaria con efectos benéficos a la salud.

INTRODUCCIÓN

El procesamiento del aguacate (*Persea americana* Mill var. Hass) produce desechos (semilla y cáscara), que constituyen entre el 21 y el 30% de su peso total, y son considerados relevantes para la industria debido a su alto contenido de compuestos bioactivos¹. El objetivo de esta investigación fue analizar la bioaccesibilidad *in vitro* de los compuestos fenólicos totales, el ácido ascórbico y su capacidad antioxidante a través de los métodos ABTS, DPPH y FRAP, en la cáscara de aguacate con diferentes tamaños de partículas.

PARTE EXPERIMENTAL

La cáscara de aguacate se obtuvo de un restaurante en Ciudad Sahagún, Hidalgo. Se sometió a un proceso de liofilización, molienda y tamizado a tres tamaños de partícula (250, 500 y 850 μm), además de una muestra sin tamizar que sirvió como control ($>850 \mu\text{m}$). Para evaluar la bioaccesibilidad *in vitro*, se empleó el modelo propuesto por Trinidad, Wolever y Thomson², con algunas modificaciones³. Se pesaron 500 mg de muestra en tubos de centrifuga de 50 mL, se añadieron 20 mL de agua destilada, se agitó y se ajustó el pH a 2 con HCl 6 M. Posteriormente, se adicionaron 120 μL de pepsina (40 mg en 1 mL de HCl 0.1 M), se agitó y colocaron en una incubadora (Labtech, LSI-3016A, Korea) con agitación a 60 rpm por 2 h a 37°C.

Después se añadió 1.5 mL de disolución bilis-pancreatina (5 mg de pancreatina, 12.5 mg de colato de sodio y 12.5 mg de desoxicolato de sodio en 1 mL de NaHCO_3 0.1 M) y se agitó. La mezcla se colocó en membranas de diálisis (tamaño de corte de 12 kDa) y se dializaron en una solución de NaHCO_3 (0.025 M a pH 7) para ser incubadas (Labtech, LSI-3016A, Korea) a 60 rpm por 16 h a 37°C. Pasado el tiempo, se recolectó la fracción bioaccesible, ya que contenía los compuestos antioxidantes que cruzaron la membrana de diálisis y se utilizó para cuantificar fenoles totales y ácido ascórbico, así como su capacidad antioxidante mediante los métodos ABTS, DPPH y FRAP, utilizando espectrofotometría.

El contenido de fenoles totales fue a través de una solución Folin-Ciocalteu (0.2 N) a una proporción de 1:10 y una solución de carbonato de sodio al 7.5%. Se tomaron 100 μL de muestra, se le añadieron 500 μL de la solución de Folin y 400 μL de solución de carbonato de sodio, se agitó y se dejó en reposo durante 30 min. Posteriormente se leyó a una absorbancia de 765 nm en un lector de microplacas (Power Wave XS UV-Biotek, Software Gen5 v. 2.09, EUA). Se usó el ácido gálico como estándar de referencia⁴. Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de ácido gálico por 100 g de base seca (mg EAG/100 g bs).

Respecto al contenido de ácido ascórbico se usó el DCPI (2,6-diclorofenolindofenol), ácido oxálico al 0.4% y una solución amortiguadora de acetatos. Se tomaron 100 μL de la muestra y se colocaron en un vial, se agregaron 100 μL de la solución amortiguadora, 800 μL de DCPI y se agitaron. Después las muestras se leyeron en un lector de microplacas (Power Wave XS UV-Biotek, Software Gen5 v. 2.09, EUA) a 520 nm. Se realizó una curva estándar y el ácido ascórbico fue utilizado como referencia⁵. Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de ácido ascórbico en 100 g de base seca (mg EAA/100 g bs).

Para medir la capacidad antioxidante por ABTS, se preparó una solución del radical ABTS (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)) y persulfato de potasio al 2.45 mM, la cual se dejó en reposo durante 16 h y en condiciones de oscuridad. Transcurrido el tiempo, se realizó una dilución hasta obtener una lectura de 0.7 ± 0.1 a una absorbancia de 754 nm en un lector de microplacas microplacas (Power Wave XS UV-Biotek, Software Gen5 v. 2.09, EUA). Después, se tomaron 20 μL de muestra y se agregaron 980 μL de la solución de ABTS, se agitó y se dejó reposar 7 min. Posteriormente, las muestras se leyeron a 754 nm en un lector de microplacas (Power Wave XS UV-Biotek, Software Gen5 v. 2.09, EUA). El ácido ascórbico se usó como referencia⁶ y los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de ácido ascórbico por 100 g en base seca (mg EAA/100 g bs).

La capacidad antioxidante medida por DPPH (2,2'-difeníl-1-picrilhidrazilo) fue con la preparación de una solución etanólica de DPPH. Se tomaron 100 μL de muestra y se agregaron 500 μL de la solución de DPPH, se dejó reposar por 1 h y se leyó a la absorbancia de 520 nm, en un lector de microplacas (Power Wave XS UV-Biotek, Software Gen5 v. 2.09, EUA). El Trolox fue usado para realizar la curva patrón⁷. Los resultados se expresaron como micromoles equivalentes de Trolox en 100 gramos de base seca ($\mu\text{mol ET}/100 \text{ g bs}$).

Para medir FRAP se utilizó lo siguiente: reactivo de FRAP (10:1:1), el cual incluyó acetato de sodio anhidro 0.3 M a pH 3.6, TPTZ (2,4,6-tris(2-piridil)triazina) y cloruro férrico 20 mM. Se tomaron 30 μL de muestra, se agregaron 90 μL de agua destilada y 900 μL del reactivo de FRAP, se agitaron y se introdujeron en un baño de agua (Lumistell, IH-6L, EUA) a 37 °C 10 min. Posteriormente, las muestras se leyeron en un lector de microplacas (Power Wave XS UV-Biotek, Software Gen5 v. 2.09, EUA) a 593 nm. Se realizó una curva patrón con sulfato ferroso y los resultados se expresaron como micromoles de hierro por 100 g en base seca ($\mu\text{mol Fe (II)}/100 \text{ g bs}$).

Las determinaciones se llevaron a cabo por triplicado y los resultados se presentaron como la media $\pm$ desviación estándar (DE), los cuales se analizaron mediante ANOVA y las diferencias entre las medias se compararon utilizando la prueba Tukey a un nivel de significancia de $p < 0.05$, a través del paquete estadístico SPSS versión 15.0.

RESULTADOS

La bioaccesibilidad de los compuestos fenólicos totales (CFT) en la cáscara de aguacate fue mayor significativamente en la muestra control y en la tamizada a 250 μm , con valores de 7684.11 ± 665.66 mg EAG/100 g bs y 8227.12 ± 643.54 mg EAG/100 g bs, respectivamente (Fig. 1a). El incremento en la concentración de CFT en la muestra de aguacate control podría atribuirse a la influencia del proceso digestivo en la liberación de estos compuestos en su forma intacta, que se encuentran dentro de la matriz alimentaria, lo cual los vuelve más bioaccesibles⁷. En la cáscara con un menor tamaño de partícula, el aumento en la bioaccesibilidad podría explicarse por la fractura de las paredes celulares de la matriz alimentaria, lo que expuso estos compuestos y, en consecuencia, incrementó su bioaccesibilidad⁸.

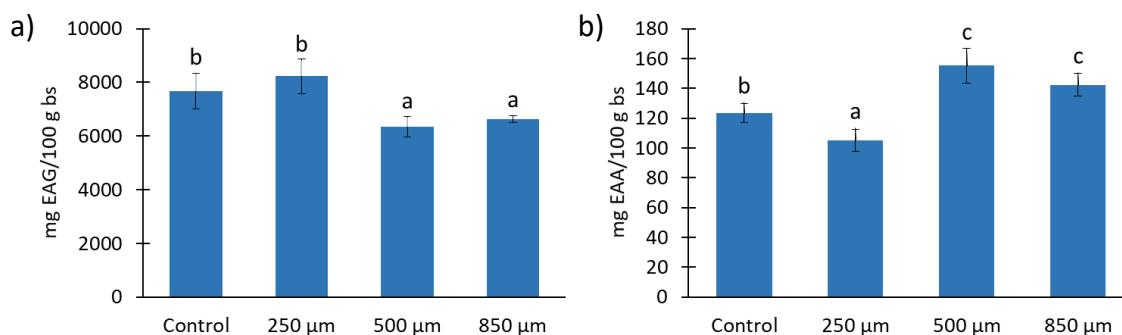


Figura 1. Bioaccesibilidad *in vitro* de a) compuestos fenólicos totales y b) ácido ascórbico en la cáscara de aguacate a diferentes tamaños de partícula. ^{a-c} Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras.

Por otro lado, las muestras con tamaño de 500 y 850 μm exhibieron un alto contenido ($p < 0.05$) de ácido ascórbico (AA) (155.15 ± 11.59 y 142.31 ± 7.68 mg EAA/100 g bs, respectivamente) (Fig. 1b). Este fenómeno podría deberse a que los compuestos bioactivos presentes dentro de las células intactas no se vieron alterados durante el proceso de digestión gastrointestinal; por lo tanto, el ácido ascórbico no es degradado a causa del oxígeno o de las variaciones en el pH^{9,10}.

En relación a la capacidad antioxidante evaluada mediante los métodos ABTS, DPPH y FRAP (Fig. 2), la cáscara tamizada a 250 μm mostró las cifras más elevadas significativamente (1705.38 ± 24.83 mg EAA/100 g bs, 17606.10 ± 193.96 $\mu\text{mol ET}/100$ g bs y 419.46 ± 11.19 $\mu\text{mol Fe (II)}/100$ g bs, respectivamente). Estos resultados podrían explicarse por el hecho de que, al disminuir el tamaño de partícula, se amplía la superficie disponible para la acción de las enzimas digestivas, lo que a su vez incrementa la eficacia en la digestión y absorción gastrointestinal de los antioxidantes¹¹⁻¹².

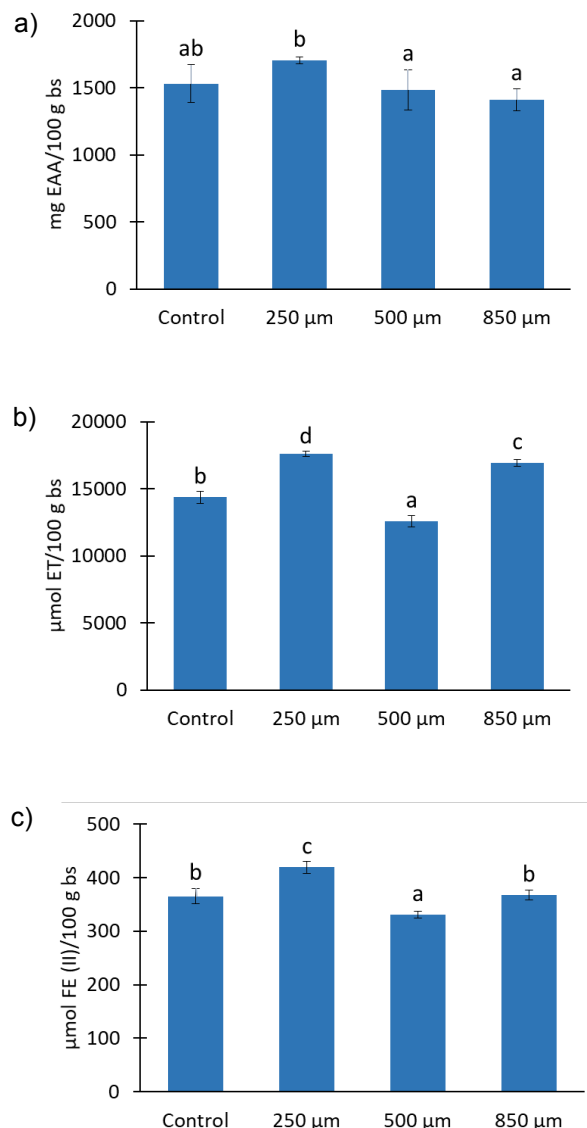


Figura 2. Bioaccesibilidad *in vitro* de la capacidad antioxidante en la cáscara de aguacate a diferentes tamaños de partícula, a) ABTS, b) DPPH y c) FRAP. ^{a-d} Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras.

CONCLUSIONES

Después del proceso de bioaccesibilidad *in vitro* los compuestos fenólicos totales y su capacidad antioxidante en la cáscara tamizada a 250 μm, fueron más altos significativamente respecto a las demás muestras. Por lo tanto, la cáscara de aguacate podría aprovecharse en la elaboración de nuevos productos alimentarios con efectos benéficos a la salud.

BIBLIOGRAFÍA

1. R. Araújo, R. Rodriguez-Jasso, H. Ruiz, M. Pintado, C. Aguilar, "Avocado by-products: Nutritional and functional properties," Trends Food Sci Technol 2018, 80, 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>
2. T. Trinidad, T. Wolever, L. Thompson, "Availability of calcium for absorption in the small intestine and colon from diets containing available and unavailable carbohydrates: an in vitro

- assessment," *Int J Food Sci Nutr* 1996, 47(1), 83–88. <https://doi.org/10.3109/09637489609028565>
3. E. Ramírez-Moreno, Q. Zafra-Rojas, J. Arias-Rico, J. Ariza-Ortega, E. Alanís-García, N. Cruz-Cansino, "Effect of ultrasound on microbiological load and antioxidant properties of blackberry juice," *J Food Process Preserv* 2018, 42(2), 1-6 <https://doi.org/10.1111/jfpp.13489>
4. F.C. Stintzing, K.M. Herbach, M.R. Mosshammer, R. Carle, W. Yi, S. Sellappan, C.C. Akoh, R. Bunch, P. Felker. Color, betalain pattern and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) Clones. *Journal of Agricultural and Food Chem* 2004, 53(2), 442-451. <https://doi.org/10.1021/jf048751y>
5. N. Dürüst, D. Sümengen, Y. Dürüst. Ascorbic acid and element contents of foods of trabzon (Turkey). *Journal of Agricultural and Food Chem* 1997, 45(6), 2085-2087. <https://doi.org/10.1021/jf9606159>
6. E. Kuskoski, A. Asuero, A. Troncoso, J. Mancini-Filho, R. Fett, "Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos," *Food Sci Technol (Campinas)* 2005, 25(4), 726–732. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>
7. F. Morales, S. Jiménez-Pérez, "Free radical scavenging capacity of Maillard reaction products as related to colour and fluorescence," *Food Chem* 2001, 72(1), 119-125. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00239-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00239-9)
8. K. Thaipong, U. Boonprakob, K. Crosby, L. Cisneros-Zevallos, D. Byrne, "Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts," *J Food Compos Anal* 2006, 19(6-7), 669-675. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>
9. L. Pérez-Perez, C. Del Toro, E. Sánchez, R. González, A. Reyes, J. Borboa, J. Soto, M. Flores-Cordova, "Bioaccesibilidad de compuestos antioxidantes de diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México, mediante un sistema gastrointestinal in vitro," *Biocencia* 2020, 22(1), 117-125. <https://doi.org/10.18633/biotech.v22i1.1159>
10. B. Singh, J. Singh, A. Kaur, N. Singh, "Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: a review," *Food Res Int* 2017, 101, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.026>
11. F. Barba, L. Mariutti, N. Bragagnolo, A. Mercadante, G. Barbosa-Canovas, V. Orlén, "Bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables after thermal and Nonthermal processing," *Trends Food Sci Technol* 2017, 67, 195–206. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.006>
12. S. Akter, R. Addepalli, M. Netzel, U. Tinggi, M. Fletcher, Y. Sultanbawa, S. Osborne, "In vitro bioaccessibility and intestinal absorption of selected bioactive compounds in *Terminalia ferdinandiana*," *Front Nutr* 2022, 8, 1-11. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.818195>
13. E. Ha, H. Park, S. Lee, W. Sim, J. Jeong, I. Baek, M. Kim, "Pure trans-resveratrol nanoparticles prepared by a supercritical antisolvent process using alcohol and dichloromethane mixtures: Effect of particle size on dissolution and bioavailability in rats," *Antioxidants* 2020, 9(4), 342. <https://doi.org/10.3390/antiox9040342>
14. J. Xu, K. Luo, "Enhancing the solubility and bioavailability of isoflavone by particle size reduction using a supercritical carbon dioxide-based precipitation process," *Chem Eng Res Des* 2014, 92(11), 2542–2549. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2014.03.018>

ADHERENCIA TERAPÉUTICA Y AUTOMEDICACIÓN EN LAS COMUNIDADES DE SAN JACINTO Y AHUATLÁN, JALISCO

Heidi Lizeth Vega Gutiérrez¹, María Elena Becerra Mercado², Cosette Hidelina Rodríguez Gutiérrez³

Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de la Ciénega, Ocotlán, Jal., Mex.
heidi.vega2626@alumnos.udg.mx

RESUMEN

La adherencia terapéutica se define como el nivel en que las acciones de una persona, como tomar medicamentos, seguir una dieta y/o realizar cambios en su estilo de vida, se alinean con las recomendaciones establecidas por un profesional de la salud, de acuerdo a la organización mundial de la salud. Por otro lado, la automedicación es una práctica muy arraigada en la cultura mexicana. Esta se refiere a la acción de una persona que se prescribe así mismo un tratamiento usualmente de carácter farmacológico para aliviar sus problemas de salud (Carranza & Izazola, 1991).

La automedicación y adherencia terapéutica son prácticas que afectan la efectividad del tratamiento y la seguridad del paciente, ambas son esenciales para mejores resultados de la salud y evitan posibles reacciones adversas, pero deben seguirse las instrucciones del médico.

La metodología en esta investigación es de tipo descriptiva, cualitativa, observacional, no experimental y no probabilística. Se aplicaron 100 encuestas a personas de las comunidades de San Jacinto y Ahuatlán que acuden al centro de salud para recibir atención médica. Se utilizaron variables como género, grado de estudios, edad y ocupación.

En la presente investigación se dará a conocer la adherencia terapéutica y el consumo de medicamentos sin prescripción médica en las poblaciones de San Jacinto y Ahuatlán Jalisco, además se determinó el grupo de medicamentos y la frecuencia de consumo, también se investiga el destino que tienen los medicamentos una vez terminados el tratamiento para saber si existe un correcto manejo de residuos.

Los resultados muestran que el 92% de la población consume medicamentos sin prescripción médica. El 65% de las personas encuestadas olvidan tomar el tratamiento como lo prescribe el médico debido a que la mayoría de ellos son adultos mayores, terminando el tratamiento el 89% de la población guarda los medicamentos para volverlos a utilizar cuando se enferman, mientras que el 8% los tira a la basura. El 44% consume los medicamentos siempre que se enferma y 72% no cree necesario asistir al médico como la razón principal para automedicarse y con respecto a los grupos de medicamentos que se consumen con mayor frecuencia se observa que el 80% son analgésicos, 59% antiinflamatorios, 33% antigripales, 32% antiácidos y 15% antibióticos.

La adhesión o apego del tratamiento de los pacientes que padecen enfermedades crónicas es importante en su salud, por lo que aumentar la efectividad de la adherencia terapéutica puede tener un impacto más positivo que cualquier mejora especial del tratamiento médico. Por lo que se requieren tres elementos básicos para que el tratamiento sea más eficaz. Educación responsable, comunicación e información correcta.

INTRODUCCIÓN

La adherencia terapéutica se define como el grado en que el comportamiento de una persona, tomando medicamentos, siguiendo una dieta y/o ejecutando cambios en el estilo de vida, corresponde con las recomendaciones acordadas por un proveedor de atención médica (Ortega J., et al., 2018). Se refiere al grado en que los pacientes siguen correctamente las indicaciones prescritas por los profesionales de la salud, incluyendo la dosificación, frecuencia y duración del

tratamiento. Mantener una buena adhesión al tratamiento es especial para lograr con los objetivos del tratamiento y evitar complicaciones, como lo son recaídas, resistencias en caso de ser enfermedades infecciosas e incluso intoxicaciones debido a la falta de apego al tratamiento; esta práctica es poco realizada en México ya que la mayoría de los mexicanos ni siquiera acuden a la consulta y por razones principalmente laborales y económicas no siguen el tratamiento como es debido.

Mientras que la automedicación refiere el fenómeno que ocurre cuando una persona se prescribe un tratamiento, habitualmente medicamentoso, para el alivio de sus padecimientos. En la mayoría de los casos, el autotratamiento, sin el apoyo de un diagnóstico profesional, está basado en sus conocimientos o experiencias previas, en las experiencias de amigos o familiares, en las indicaciones de algún farmacéutico, o en las recetas anteriores de algún médico.

Usualmente se utiliza en base al conocimiento empírico del paciente sin consulta previa de un médico; también se puede dar por recomendaciones de conocidos o incluso sugerencias de empleados de las farmacias (Carranza & Izazola, 1991).

Aunque en ocasiones puede ser segura cuando se trata de síntomas leves o de medicamentos del grupo de venta libre, esta mala práctica puede conllevar riesgos importantes como lo son reacciones adversas a medicamentos (RAM), interacciones con otros fármacos y la posibilidad de agravar enfermedades.

Ambos temas destacan la necesidad de promover la educación en salud para que los pacientes comprendan la importancia de seguir al pie de la letra los tratamientos recomendados por el personal de salud y no dejarse guiar por la recomendación de terceras personas para evitar prácticas que puedan poner en riesgo su salud y bienestar.

En esta investigación se realizó una encuesta para obtener los datos de las comunidades de San Jacinto y Ahuatlán sobre los hábitos de los pacientes respecto a la automedicación y su adherencia terapéutica.

TEORIA

La automedicación es definida como la ingestión de medicamentos de venta libre o por iniciativa propia, constituye un hecho cotidiano y habitual en la mayoría de los hogares mexicanos (Abel Hernández Chávez 2014).

La utilización por voluntad propia de medicamentos conocidos o prescritos por un médico supone un acto sanitario que puede ocasionar perjuicios o beneficios al paciente que los ingiere. Los analgésicos y los antibióticos son dos de los grupos farmacológicos más usado en automedicación. Tanto uno como otro presentan posibles riesgos individuales y colectivos. Actualmente es un problema que se vive en los países en vías de desarrollo como México (Rocha A. 2009).

En México, la preocupación por la ecotoxicidad ocasionada por la presencia de sustancias medicamentosas en forma de residuos, se manifiesta en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), donde se estipula que: La Industria Farmacéutica está obligada a observar los conceptos de responsabilidad compartida y manejo integral para los residuos peligrosos derivados de sus actividades industriales (en la planta) y también para la disposición final de aquellos que se desechan por los consumidores (en su hogar), por esto es una Gestión Integral de los Residuos, a la que obliga la ley que señala que los fármacos junto con otras sustancias están sujetos a un plan de manejo en su formulación, producción, envasado y desecho; ya que los medicamentos caducos están clasificados como residuos peligrosos. (Artículos 28, 29, 31 y 46, LGPGIR, 2006) (SINGREM 2017).

Por su parte, la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 determina y regula: Las características de los residuos peligrosos, además menciona que los medicamentos caducos se consideran residuos peligrosos y, por lo tanto, deben ser dispuestos finalmente de manera responsable NOM-052-2005-SEMARNAT.

En el mundo y en México la automedicación es un problema importante de salud pública, con una prevalencia que varía del 11.7% al 92% en todo el mundo” (Rathod P, et al; 2023). No obstante, en México, según la Secretaría de Salud (2016) nos indica que “en México, se estima que más del 80 por ciento de la población se automedica, lo que significa que utilizan medicamentos por cuenta propia, sin receta médica”.

Autocuidado

El autocuidado es un comportamiento que hace que los usuarios de los sistemas de salud asuman su cuota de responsabilidad en el uso adecuado de los servicios y productos que estos servicios les proveen (Sáenz G, 2017).

De acuerdo a Sáenz G (2017) el autocuidado está integrado por los siguientes comportamientos:

- Higiene (personal y general).
- Nutrición (tipo y calidad de la alimentación).
- Estilo debido a (actividades físicas, recreativas y de tiempo libre).
- Factores ambientales (condiciones de vida, costumbres sociales, etc.).
- Factores socioeconómicos (nivel de ingreso, creencias culturales, etc.).

Automedicación

La automedicación es la administración de medicamentos para aliviar un síntoma o curar una enfermedad sin pasar por el control médico (Cecilia M, et al; 2017).

Para ejercer una automedicación responsable el usuario debe:

Comprobar que los medicamentos que se van a usar son seguros, de buena calidad y eficaces. Esto solo se puede lograr si los productos son adquiridos de establecimientos oficialmente registrados (farmacias) (Sáenz G, 2017).

Administración de medicamentos que estén indicados únicamente para el tratamiento de las afecciones que la persona pueda identificar y de algunas afecciones crónicas o recurrentes (después de una consulta médica o farmacéutica de guía) (Sáenz G, 2017).

Factores predisponentes para desarrollar automedicación

Las principales razones por las que las personas se automedican según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2021 son:

- Prevenir o disminuir el dolor es una de las principales razones por las que una persona decide automedicarse.
- Algunos deportistas o estudiantes deciden automedicarse con el objetivo de mejorar su rendimiento físico y mental.
- El uso creativo de medicamentos ya sea por el entorno social o cultural lleva a la automedicación. En algunas ocasiones se utilizan medicamentos de uso psiquiátrico que pueden causar graves riesgos a la salud.
- Se utilizan algunos medicamentos para modificar la imagen corporal, estos pueden ser de forma tópica, oral o inyectada.

Riesgos a la salud.

En base a las investigaciones de Orueta R, et al; (2008); Carranza & Izazola, (1991); los riesgos son:

- Inducción de reacciones adversas (tóxicas), que pueden ser desde leves (somnolencia, náusea, vómito) hasta severas (depresión de la médula ósea). Al respecto conviene subrayar que los medicamentos son útiles en situaciones específicas; en otras condiciones sólo intoxican.

- Dificulta la valoración médica. Al modificar el curso natural de la enfermedad puede modificar o hacer desaparecer síntomas, lo cual puede dificultar el diagnóstico (por ejemplo, modificación de la exploración de un abdomen agudo por la toma de un analgésico).
- Elección errónea, posología incorrecta y pérdida de eficacia. Una interpretación incorrecta de los síntomas padecidos puede dar lugar a la elección incorrecta del medicamento preciso, lo que además de no solucionar el problema puede ocasionar problemas de enmascaramiento del cuadro, agravamiento del proceso, etc. Asimismo, son frecuentes los errores en la posología en cuanto a dosificación, duración, etc. Todo ello puede conllevar una pérdida de eficacia de los fármacos.
- Alteraciones fisiológicas y metabólicas potencialmente peligrosas, especialmente con el uso prolongado de fármacos (hormonas).
- Interferencia con algunos mecanismos natales de defensa (esteroides).
- En la mujer embarazada, efectos sobre el producto en desarrollo, ya que la mayoría de los medicamentos cruzan la barrera placentaria (estrógenos).
- Interacciones farmacológicas con los medicamentos prescritos por el médico, o bien con el alcohol, muchas de las cuales son peligrosas, ya que se puede aumentar la magnitud de los efectos biológicos (ácido acetilsalicílico-anticoagulantes) o la severidad de las reacciones adversas (alcohol-depresores del sistema nervioso central); en otros casos, anulación del efecto de alguno de los principios activos (colinérgicos-anticolinérgicos).
- Desarrollo de cepas resistentes al efecto antimicrobiano y/o la aparición de gérmenes oportunistas (antibióticos de amplio espectro).
- Desarrollo de dependencia física y psíquica (benzodiazepinas, opiáceos).
- Reacciones inmunológicas con diverso grado de severidad (penicilinas).
- Agravamiento de estados patológicos (falta de atención médica oportuna).
- Disminución del estado de alerta y de la actividad refleja (barbitúricos, antihistamínicos); lo que implica un alto riesgo en el manejo de maquinaria peligrosa.
- Interacciones peligrosas con ciertos componentes de la dieta (tiramina, presente en cierto tipo de quesos, e inhibidores de la MAO).
- Aumento de los costes sanitarios: si bien se comentó con anterioridad que la automedicación puede disminuir los costes sanitarios, no es menos cierto que, debido a varios de los aspectos comentados (pérdida de eficacia, dependencia, interacciones, etc.), en múltiples ocasiones los costes se ven aumentados.

Propuestas de mejora

Los resultados Ausejo & Sáenz (2008) indican que las propuestas de mejora son:

Promover las actividades de educación para la salud dirigidas a fomentar los autocuidados y los cambios en los estilos de vida en detrimento de la medicalización innecesaria.

-Facilitar a los ciudadanos información independiente acerca de los beneficios y riesgos del uso de medicamentos y de los procedimientos diagnósticos y terapéuticos. Educar a la población sobre el uso adecuado de los recursos sanitarios.

Para la mejora en automedicación en medicamentos que no requieren receta las actuaciones se deberían dirigir al público y a los farmacéuticos:

- Sensibilizar a la población para que solicite consejo farmacéutico.
- Sensibilizar a los farmacéuticos para que pregunten al paciente y puedan facilitar el consejo farmacéutico.

Para la mejora en automedicación en medicamentos que requieren receta para su dispensación en oficinas de farmacia, las propuestas se deberían dirigir a más agentes:

- Campañas de sensibilización y educación con los grupos de medicamentos de los que se sabe que tienen un mayor grado de automedicación (antibióticos, analgésicos).
- Pacientes crónicos: facilitar consejos de utilización de sus medicamentos de acuerdo con las necesidades individualizadas de los pacientes.
- Oficina de farmacia: cumplir la normativa de no dispensación de medicamentos sin receta cuando el paciente no disponga de una prescripción.

Adherencia terapéutica

Es la medida en que los comportamientos del paciente coinciden con las recomendaciones médicas o del personal de salud, en términos de toma de medicación, dietas y cambios en el estilo de vida (Martínez G, et al; 2016).

Según las investigaciones de Ortega J, et al; (2018), la adherencia comprende diversas conductas:

1. Propagación y mantenimiento de un programa de tratamiento.
2. Asistencia a citas de seguimiento.
3. Uso correcto de la medicación prescrita.
4. Realizar cambios apropiados en el estilo de vida.
5. Evitar conductas contraindicadas.

Factores que influyen en la adherencia**Socioeconómicos**

Dentro de este grupo, destaca la importancia del soporte familiar y/o social del paciente. Aquellos pacientes que cuentan con un buen soporte emocional de su entorno o forman parte de una familia cohesionada tienen una mejor adherencia al tratamiento. Por el contrario, aquellas enfermedades altamente estigmatizadas por la sociedad como, por ejemplo, la infección por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), la tuberculosis o ciertas patologías psiquiátricas, pueden impactar de forma negativa en la adherencia al tratamiento (Pagés & Valverde, 2018).

Asimismo, la pobreza, el acceso a la atención de salud y medicamentos, el analfabetismo, la provisión de redes de apoyo social efectivas y mecanismos para la prestación de servicios de salud que tengan en cuenta las creencias culturales acerca de la enfermedad y el tratamiento (Ortega J, et al; 2018).

Relacionados con el tratamiento

La aparición de efectos adversos o tratamientos con pautas complejas también pueden comprometer la adherencia terapéutica. En general, la administración diaria versus la administración múltiple diaria facilita la adherencia, así como la coformulación de medicamentos o las formulaciones depot ya que permiten la toma de un menor número de comprimidos o una menor frecuencia de administración. En cambio, la necesidad de una cierta forma de administración (en ayunas, con comida rica en grasa o de forma separada a otros fármacos) puede empeorar la adherencia al tratamiento, así como también puede disminuir en situaciones de polimedicación.

Hay algunos aspectos de la propia formulación del fármaco que también pueden modificar la adherencia como el tamaño de los comprimidos, el sabor de la formulación, la administración por vía parenteral o la dificultad en abrir el envase. Otro factor muy importante es la duración del tratamiento. En este sentido, muchos estudios han demostrado que duraciones largas de tratamiento pueden afectar negativamente al cumplimiento (Pagés & Valverde, 2018).

Relacionados con el paciente

Uno de los más estudiados es la edad. En general, se ha observado que cuanto más joven es el paciente, menor es la adherencia al tratamiento. El género y el nivel educativo también pueden influir, pero los resultados son contradictorios. En cuanto al estado civil, algunos estudios apuntan a que el matrimonio o el hecho de vivir en compañía son factores facilitadores para una correcta adherencia terapéutica. Por otra parte, los pacientes con deterioro cognitivo o problemas de memoria o de atención también pueden presentar una menor adherencia de origen involuntario. Además, los olvidos constituyen una de las causas más habituales de la falta de adherencia al tratamiento. En cuanto a la influencia del conocimiento que tiene el paciente de la enfermedad y del tratamiento en la adherencia terapéutica, los estudios son bastante unánimes: una falta de comprensión de la enfermedad y/o su tratamiento, un malentendido sobre la prescripción y las instrucciones del tratamiento, el desconocimiento de las posibles consecuencias de la no adherencia, o concepciones erróneas acerca de la medicación, han sido descritos como barreras para una correcta adherencia terapéutica (Pagés & Valverde, 2018).

Las creencias de los pacientes también están íntimamente relacionadas con la adherencia terapéutica. Por ejemplo, la negación de la enfermedad y la posibilidad de curación, tener unas expectativas poco realistas del beneficio del tratamiento, creer que el tratamiento puede ser tóxico o perjudicial o estar cansado de tomar medicación pueden afectar negativamente la adherencia. En cambio, la confianza en el tratamiento farmacológico, una gran motivación por parte del paciente o tener una actitud escéptica hacia tratamientos naturales se ha visto que pueden actuar como facilitadores para un correcto cumplimiento (Pagés & Valverde, 2018).

Asimismo, la personalidad del paciente también puede actuar de factor modificador. Un perfil de persona optimista, esperanzada, satisfecha de la vida, con capacidad de autocontrol y capacidad para afrontar el diagnóstico han sido identificados como factores positivos. En cambio, la falta de autoestima, un pensamiento pesimista, una actitud hostil, cínica o autodestructiva pueden tener un efecto negativo en la adherencia terapéutica. Por último, el abuso de drogas, tabaco o la dependencia al alcohol han sido ampliamente descritos como barreras para una correcta adherencia (Pagés & Valverde, 2018).

Relacionados con la enfermedad:

Algunos determinantes de la adherencia terapéutica son los relacionados con la gravedad de los síntomas, el grado de discapacidad (física, psicológica y social), la velocidad de progresión y la disponibilidad de tratamientos efectivos. Su repercusión depende de cuánto influye la percepción de riesgo de los pacientes, la importancia del tratamiento de seguimiento y la prioridad asignada a la adherencia terapéutica (Ortega J, et al; 2018).

La depresión es un factor comúnmente relacionado con la falta de apego al tratamiento; es por lo que, ante la primera sospecha de un cuadro depresivo, se debe realizar una valoración psicológica para abordarla y tratarla lo más pronto posible y así disminuir la falta de adherencia terapéutica relacionada con esta situación (Ortega J, et al; 2018).

Relacionados con el sistema o el equipo de asistencia sanitaria:

Uno de los factores más influyentes dentro de esta categoría es la relación profesional sanitario – paciente. Una comunicación deficiente entre ambas partes, una falta de confianza hacia el profesional sanitario o una insatisfacción con la atención recibida pueden influir negativamente en la adherencia al tratamiento. También puede impactar negativamente si el paciente no ha recibido suficiente información acerca de su tratamiento y/o patología, así como una falta de accesibilidad a la atención sanitaria, largos tiempos de espera, horarios limitados, faltas de suministro o la falta de privacidad durante la atención médica (Pagés & Valverde, 2018).

Los factores relacionados con el sistema sanitario tienen efectos negativos en la adherencia terapéutica; por ejemplo: centros de salud con infraestructura inadecuada y recursos deficientes, personal de salud poco remunerado y con carga de trabajo excesiva que llevan a consultas breves y carentes de calidad y calidez, personal de salud sin adecuada preparación, poca capacidad del sistema para educar a los pacientes y proporcionar seguimiento en enfermedades crónicas, falta de conocimiento sobre la adherencia y las intervenciones efectivas para mejorarla (Ortega J, et al; 2018).

PARTE EXPERIMENTAL

La presente investigación es de tipo descriptiva, cualitativa, observacional, no experimental y no probabilística; utilizando una encuesta como instrumento de recolección de datos, aplicada en las comunidades de San Jacinto Jalisco perteneciente al municipio de Poncitlán y Ahuatlán perteneciente al municipio de Zapotlán del Rey, en personas que acuden a los centros de salud para recibir atención médica de diversos rangos de edad, género, grados de estudio y ocupación.

Recolección de datos

Se obtuvo mediante la aplicación de una encuesta con 9 preguntas de carácter confidencial a 100 personas de estas comunidades utilizando Formularios de Google para el análisis de los resultados. Por lo que este estudio es no probabilístico.

Criterios de inclusión

Personas que viven en las comunidades de San Jacinto y Ahuatlán Jalisco.

Criterios de Exclusión

Personas externas a las comunidades de San Jacinto y Ahuatlán Jalisco.

RESULTADOS

El 50% de los encuestados son de la comunidad de San Jacinto, el otro 50% pertenece a la comunidad de Ahuatlán.

Se encontró que el 59% de los individuos son del género femenino y 41% masculino.

El 26% tienen más de 50 años, 21% tienen entre 43-50 años, 20% entre 17-25 años, 17% entre 37-42 años, 11% entre 31-36 años y 5% entre 26-30 años.

Grado de estudios, 27% solamente estudio la primaria, 27% termino la preparatoria, 16% no estudio, 15% tiene una licenciatura, 13% estudio la secundaria y el 2% tiene otro grado de estudios.

Ocupación, el 46% se dedica al hogar, 35% son obreros, agricultores, ganaderos, etc y 19% son profesionistas.

El principal objetivo fue identificar el porcentaje de pacientes que cumplen con las indicaciones médicas en cuanto al tratamiento y se encontró que el 67% de los pacientes ha olvidado tomar el tratamiento como se lo prescribió el médico, 42% reducen las dosis o no se toman el tratamiento porque se sienten peor cuando lo toman, 37% suele suspender el tratamiento cuando se empiezan a sentir mejor.

Otro de los objetivos fue conocer el destino de los medicamentos una vez terminado el tratamiento para saber si existe un correcto manejo de los residuos, se encontró que el 89% guarda los medicamentos y los vuelve a utilizar cuando se sienten mal.

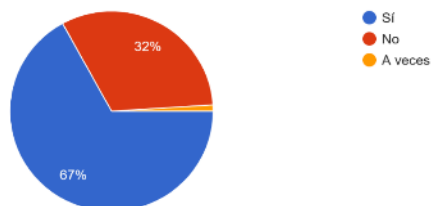
Uno de los objetivos acerca de la automedicación fue determinar el porcentaje de personas que consumen medicamentos sin la autorización de un médico, el grupo de medicamentos que más se consumen, la frecuencia de uso y las razones por las que llevan a cabo esta mala práctica, el 92% de las personas encuestadas recurren a la automedicación, la frecuencia de uso de estos medicamentos es 44% rara vez, 44% siempre que se enferman, 8% los consumen habitualmente y 4% niega tomar medicamentos sin prescripción médica; los medicamentos que se consumen con mayor frecuencia son: el 80% analgésicos, 59% antiinflamatorios, 33% antigripales, 32% antiácidos, 15% antibióticos, 1% antidepresivos y 1% otros medicamentos.

Las razones por las cuales las personas consumen estos medicamentos son: 61% no cree necesario asistir al médico, 22% aminorar los síntomas antes de llegar a consulta, 8% por factores económicos, 6% no tienen tiempo de asistir al médico y el 3% señala otras razones.

Las recomendaciones del uso de medicamentos sin prescripción médica el 72% siguen las recomendaciones de familia y/o amigos, 17% por publicidad, 8% nadie, 2% vecinos y 1% por farmacéuticos.

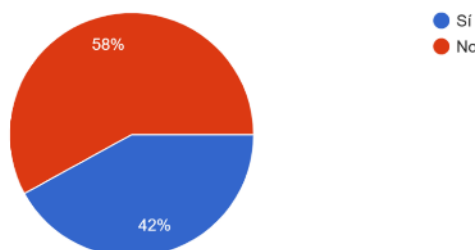
Interpretación de resultados

¿Se le ha olvidado tomar el tratamiento como se lo prescribió el medico?
100 responses



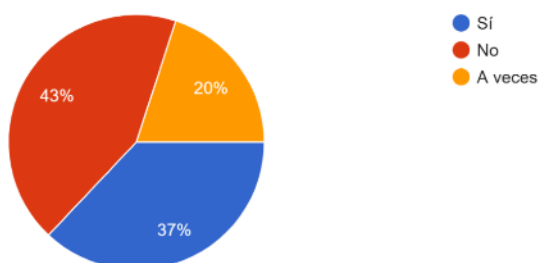
Gráfica 1. Se observa que el 67% de los pacientes encuestados afirma olvidar tomar el medicamento tal cual esta descrito en la receta médica.

¿Alguna vez redujo la dosis o no se tomo el tratamiento sin antes consultarlo con su medico porque se sentía peor cuando lo tomaba?
100 responses



Gráfica 2. El 42% de los individuos encuestados reducen las dosis de los medicamentos que les receta el médico o no se toman el tratamiento debido a que se sienten mal cuando lo toman.

¿Suspende el tratamiento cuando se empieza a sentir mejor?
100 responses



Gráfica 3. Se observa en la presente gráfica que el 37% de los pacientes que acuden a consulta al centro de salud suspenden el tratamiento cuando su sintomatología empieza a desaparecer. Este dato causa preocupación porque se puede generar resistencia a medicamentos e incluso la enfermedad puede regresar con síntomas más fuertes.

¿Qué hace con los medicamentos que le sobran al terminar un tratamiento?

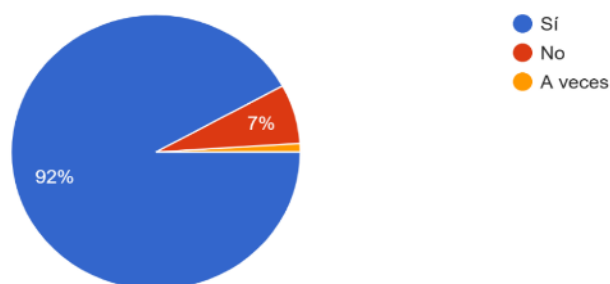
100 responses



Gráfica 4. El 89% de los pacientes de estas comunidades al final del tratamiento guarda los medicamentos sobrantes y los vuelven a utilizar cuando se sienten mal.

¿Ha tomado alguna vez medicamentos sin prescripción medica?

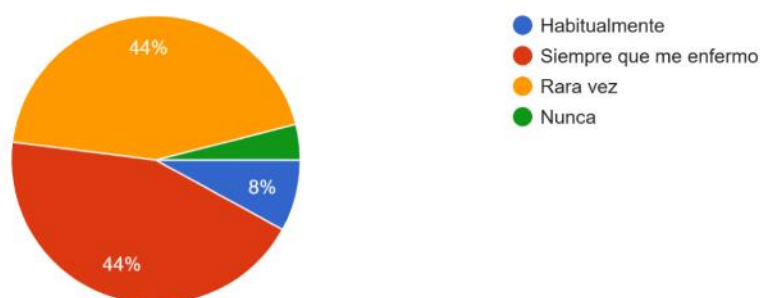
100 responses



Gráfica 5. Se muestra que un alto porcentaje de los pacientes recurren a la automedicación. En esta gráfica se observa que el 92% de las personas se han automedicado en algún momento, lo que indica que es una práctica muy común en estas comunidades. Este alto porcentaje indica que se ha vuelto una costumbre en los pacientes al enfrentarse a distintos malestares prefieren no consultar al médico.

¿Con que frecuencia ha tomado medicamentos sin prescripción medica?

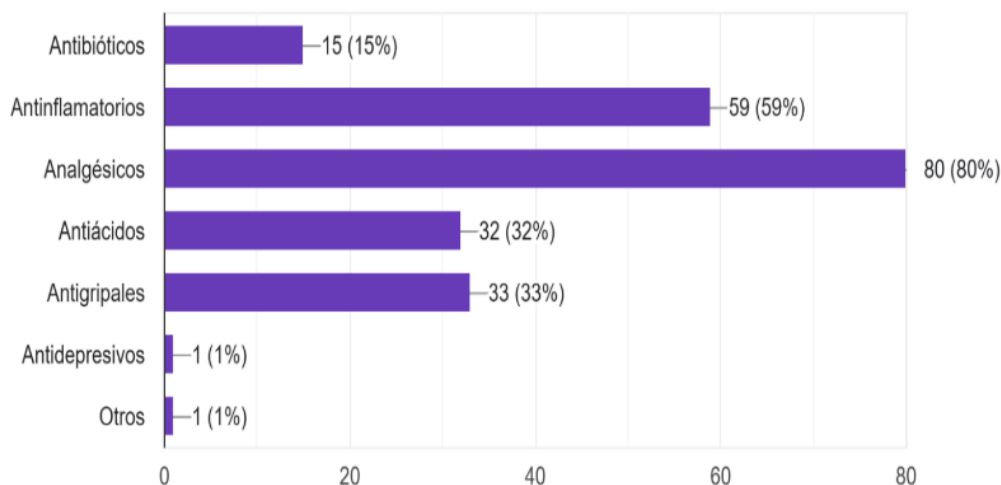
100 responses



Gráfica 6. El 44% de las personas usa medicamentos sin prescripción médica siempre que se enferma, el 44% los utiliza rara vez, el 8% se le ha vuelto un hábito y 4% niega tomar medicamentos sin antes consultar al médico.

¿Qué medicamentos consume con mayor frecuencia sin prescripción medica?

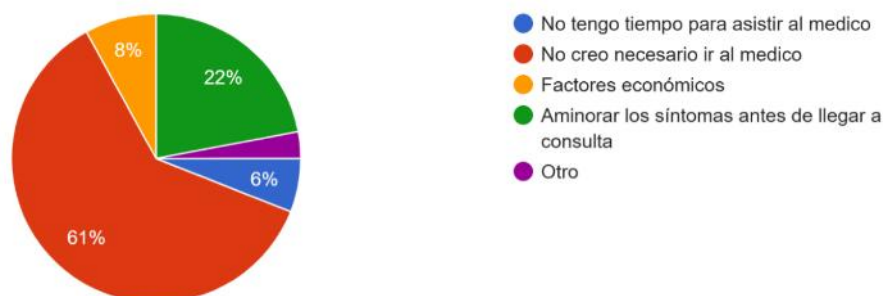
100 responses



Gráfica 7. Los medicamentos que se consumen con mayor frecuencia son: el 80% analgésicos, 59% antiinflamatorios, 33% antigripales, 32% antiácidos, 15% antibióticos, 1% antidepresivos y 1% otros medicamentos.

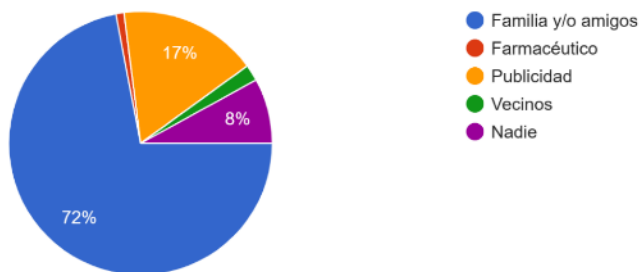
¿Por que razón tomaría medicamentos sin prescripción medica?

100 responses



Gráfica 8. Las razones por las cuales las personas se automedican son: 61% no cree necesario asistir al médico, 22% aminorar los síntomas antes de llegar a consulta, 8% por factores económicos, 6% no tienen tiempo de asistir al médico y el 3% señala otras razones.

¿Quién le recomienda el uso de medicamentos?
100 respuestas



Gráfica 9. Las recomendaciones del uso de medicamentos sin prescripción médica son: el 72% siguen las recomendaciones de familia y/o amigos, 17% por publicidad, 8% nadie, 2% vecinos y 1% por farmacéuticos.

CONCLUSIONES

Estos resultados nos indican que en las comunidades de San Jacinto y Ahuatlán Jalisco, la mayoría de las personas no siguen sus tratamientos, esto nos muestra una gran falta de prácticas adecuadas relacionadas con el consumo de medicamentos. Por otro lado, la automedicación es común en estas comunidades, por el simple hecho de que no creen necesario asistir a consulta médica, en muchas ocasiones guardan los medicamentos que les sobran de un tratamiento y lo vuelven a consumir cuando se sienten mal, también los utilizan para aminorar los síntomas antes de llegar a consulta. Dentro de los medicamentos que las personas se auto recetan con mayor frecuencia se encuentran los analgésicos, antiinflamatorios, antigripales, antiácidos y con menor frecuencia algunos antibióticos, este último dato es muy preocupante porque siguen surgiendo bacterias más resistentes a antibióticos lo que provoca infecciones más difíciles de tratar pues no responden a los tratamientos habituales, esto puede prolongar la enfermedad y aumentar la severidad de la infección, también causa uso de antibióticos más tóxicos y costosos.

Un alto porcentaje de las personas entrevistadas suelen seguir las recomendaciones de otras personas acerca del uso de medicamentos sin prescripción médica, lo que implica que se esté generando cada vez más resistencias a los medicamentos por el uso inadecuado de estos. Aunque a veces puede ser segura para tratar síntomas leves, la automedicación conlleva riesgos como reacciones adversas, interacciones medicamentosas y agravamiento de enfermedades. Ante esta situación, es importante implementar campañas de concientización sobre el uso adecuado de los medicamentos y fomentar el acceso a los distintos servicios de salud que se encuentran accesible para las personas de comunidades rurales. Además, se recomienda fortalecer la educación farmacológica básica y promover el asesoramiento de un médico antes del consumo de medicamentos con el fin de reducir los riesgos asociados a la automedicación y mejorar la salud de los pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abel Hernández Chávez. Farmacología General, Una guía de estudio. Criterios de caducidad de medicamentos. 2014 Capítulo 18. Criterios de caducidad de medicamentos.
2. Ausejo Segura, M., & Sáenz Calvo, A. (2008). ¿Cómo mejorar la automedicación de nuestros pacientes? Atención primaria, 40(5), 221–223. <https://doi.org/10.1157/13120013>
3. Carranza, R. R., & Izazola-Conde, C. (1991). Automedicación: Pros y contras. Revista de la Facultad de Medicina, 2. <https://revistas.unam.mx/index.php/rfm/article/download/74567/65944>

4. Cecilia, M. J., García-Estañ, J., & Atucha, N. M. (2017). La automedicación en estudiantes del Grado en Farmacia. *Educación médica*. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2017.07.005>
5. de Salud, S. (s/f). Automedicación, una mala costumbre que puede tener graves consecuencias. *gob.mx*. Recuperado el 28 de mayo de 2025, de <https://www.gob.mx/salud/articulos/automedicacion-una-mala-costumbre-que-puede-tener-graves-consecuencias>
6. Mar, 4. (s/f). Crece el mapa de motivaciones para automedicarse. *Paho.org*. Recuperado el 28 de mayo de 2025, de <https://www.paho.org/es/noticias/4-3-2021-crece-mapa-motivaciones-para-automedicarse>
7. Martínez-Domínguez, G. I., Martínez-Sánchez, L. M., Lopera-Valle, J. S., & Vargas-Grisales, N. (2016). LA IMPORTANCIA DE LA ADHERENCIA TERAPÉUTICA. *Revista de la Sociedad venezolana de endocrinología y metabolismo*, 14(2), 107–116. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-31102016000200003
8. Norma oficial mexicana-052-semarnat-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación, y los listados de los residuos peligrosos.
9. Ortega Cerda, J. J., Sánchez Herrera, D., Rodríguez Miranda, Ó. A., & Ortega Legaspi, J. M. (2018). Adherencia terapéutica: un problema de atención médica. *Acta médica Grupo Ángeles*, 16(3), 226–232. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-72032018000300226
10. Orueta, R., Gómez-Calcerrada, R. M., & Sánchez, A. (2008). Automedicación. *Semergen*, 34(3), 133–137. [https://doi.org/10.1016/s1138-3593\(08\)71865-3](https://doi.org/10.1016/s1138-3593(08)71865-3)
11. Pagès-Puigdemont, N., & Valverde-Merino, M. I. (2018). Adherencia terapéutica: factores modificadores y estrategias de mejora. *Ars pharmaceutica (Internet)*, 59(4), 251–258. <https://doi.org/10.30827/ars.v59i4.7357>
12. Rathod, P., Sharma, S., Ukey, U., Sonpimpale, B., Ughade, S., Narlawar, U., Gaikwad, S., Nair, P., Masram, P., & Pandey, S. (2023). Prevalence, pattern, and reasons for self-medication: A community-based cross-sectional study from Central India. *Cureus*, 15(1), e33917. <https://doi.org/10.7759/cureus.33917>
13. Rocha A. Automedicación entre los trabajadores de enfermería de hospitales públicos. *Rev Latino-Am Enfermagem* 2009; 17 (6): Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010411692009000600014&script=sci_arttext&tlng=es (Acceso: 10 de octubre del 2010).
14. Sáenz García, G. (2017). Automedicación y autocuidado. *Revista Ciencia y Salud Integrando Conocimientos*, 1(1), ág. 8-9. <https://doi.org/10.34192/cienciaysalud.v1i1.83>
15. Sistema nacional de gestión de residuos de envases y medicamentos a.c. (2017b) párrafo 1. Marco legal. Recuperado el 24 de septiembre de 2016 de www.singrem.org.mx.

ANÁLISIS DEL POLIMORFISMO RS2073618 DEL GEN *TNFRSF11B* (OPG) Y LA PREVALENCIA DE CARIES EN UNA POBLACIÓN ESCOLAR DE EL SALVADOR

Sandra Paola Castillo Medina¹, Fernando Sevilla Herrera¹, Aurelio Álvarez Vargas², Yolanda Terán Figueroa³, Wendy Yesenia Escobar de González⁴, Jorge Alejandro Alegría Torres⁵.

¹Licenciatura en Q.F.B. Universidad de Guanajuato; ²Departamento de Biología, Universidad de Guanajuato; ³Facultad de Enfermería y Nutrición, UASLP; ⁴Facultad de Odontología, Universidad de El Salvador, ⁵Departamento de Farmacia, Universidad de Guanajuato.
sp.castillomedina@ugto.mx

RESUMEN

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la caries afecta del 60 al 90% de los niños en edad escolar, así como a un gran número de adultos. Estas cifras podrían aumentar en países en desarrollo a medida que las dietas incluyan cada vez más alimentos procesados y azucarados. Se ha documentado que las variaciones en la prevalencia de caries en sujetos sometidos a los mismos factores de riesgo y de protección, podrían ser explicadas por la influencia de variaciones genéticas. En tal contexto, un polimorfismo genético que podría influir en el desarrollo de caries es el que ocurre en el gen que codifica para la Osteoprotegerina (OPG), la cual es un receptor soluble del ligando del receptor activador del factor nuclear κ B (RANKL), y por lo tanto es un inhibidor competitivo de la diferenciación de osteoclastos y de su actividad. Por ende, OPG juega un rol muy importante en la actividad de reabsorción ósea, y ejerce un control genético de la masa ósea. La OPG es codificada en humanos por el gen *TNFRSF11B* el cual contiene varios polimorfismos, entre los que se encuentra el rs2073618 G>C, que consiste en la transversión de Guanina por Citosina en la posición 1181 en el exón 1 del gen, resultando en un cambio de Lisina por Asparagina en la posición 3 del péptido señal. Por lo anterior, se llevó a cabo un estudio en 178 niños de entre 6 y 12 años de El Salvador, a los cuales se les realizó un Diagnóstico y Evaluación de la Caries Dental (ICDAS) y se analizó el polimorfismo rs2073618 G>C de la OPG en células epiteliales de la cavidad oral, para estudiar la asociación con experiencia de caries. De un total de 177 sujetos participantes, la edad media fue de $10,43 \pm 1,43$ años. El 53% fueron del sexo femenino y el 47% del sexo masculino. El 66% de los escolares presentaron experiencia de caries dental. La edad y presencia de placa dentobacteriana visible se asociaron significativamente con la experiencia de caries ($P=0.03$).

La distribución de las frecuencias genotípicas para el polimorfismo OPG G>C (rs2073618) fueron: 33% homocigoto GG, 46% heterocigoto GC y 21% homocigoto CC. Los genotipos analizados se encontraron en equilibrio Hardy–Weinberg ($X^2=0.79$; $P=0.37$). Al analizar la distribución alélica y genotípica entre los niños sanos y con experiencia de caries, no se observaron diferencias estadísticamente significativas. En el análisis de regresión logística binaria, solamente la presencia de placa dentobacteriana se asoció significativamente con la experiencia de caries dental ($P=0.03$). Con estos resultados se puede concluir que este polimorfismo no influye en la experiencia de caries en esta población infantil de El Salvador; sin embargo, este es el primer reporte de frecuencias alélicas y genotípicas del polimorfismo OPG G>C (rs2073618) en esta región geográfica del mundo.

INTRODUCCIÓN

La caries dental es una de las afecciones crónicas más frecuentes en todo el mundo, presentando una elevada prevalencia en niños y adultos. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), entre el 60 y 90% de los niños en etapa escolar padecen esta enfermedad, y su incidencia podría aumentar en naciones en vías de desarrollo debido al incremento en el consumo de alimentos procesados y azúcares. A pesar de que se han reconocido varios factores de riesgo y protección, tales como la higiene oral, la alimentación y el acceso a servicios dentales, no todas las personas que se encuentran expuestas a estos factores muestran el mismo nivel de impacto, lo que indica una posible influencia genética.

Varias investigaciones han indicado que las variaciones genéticas podrían alterar la propensión a la caries dental. Uno de los genes de relevancia es TNFRSF11B, el cual codifica para la Osteoprotegerina (OPG), una proteína que controla la actividad de los osteoclastos al desempeñar el papel de inhibidor competitivo de la liga RANKL. Considerando su función en el metabolismo del hueso, la OPG podría participar en procesos de reabsorción y reestructuración ósea en estructuras dentales. El polimorfismo rs2073618 (G>C) presente en el exón 1 de este gen produce una transformación de aminoácidos (Lisina por Asparagina), lo que podría modificar la función de la proteína.

PARTE EXPERIMENTAL

Se analizaron 177 muestras de niños de escuelas de El Salvador de entre 6 y 12 años, con una edad media de 10.43 ± 1.43 años, a los cuales se les realizó un Diagnóstico y Evaluación de la Caries Dental (ICDAS).

Recolección de saliva

El ADN utilizado fue extraído previamente en la Universidad del Salvador, utilizando el método de citocepillo y recolección de saliva (Rogers et al 2007), como se describe a continuación.

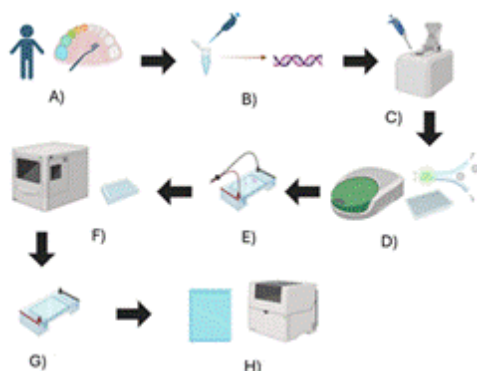


Figura 1. A) Obtención de las muestras de los escolares por citocepillo; B) Extracción de ADN; C) Análisis cualitativo y cuantitativo de ADN; D) Amplificación del ADN por medio de PCR; E) Verificación de la amplificación electroforesis en gel de agarosa; F) Digestión de los amplicones con la enzima Sml I ; G) Verificación de las digestiones por electroforesis en geles de agarosa; H) Análisis de bandas para determinar la presencia o ausencia del polimorfismo.

Extracción del ADNg

El ADN genómico (ADNg) se extrajo de células epiteliales bucales siguiendo un protocolo modificado. Se inició con la descongelación de las muestras bucales recolectadas, para lo cual el citocepillo se retiró y se añadió a cada muestra 8 μ L de proteinasa K (20 mg/mL), se mezcló cada 15 minutos en un vortex (4 veces) y se incubó a 55°C durante 3 horas. Posteriormente se adicionaron 700 μ L de SEVAG (cloroformo: alcohol isoamílico) y se mezcló fuertemente durante 5 segundos, después las muestras se centrifugaron a 10 000 rpm a 4°C durante 15 minutos, y la fase acuosa fue transferida a un microtubo nuevo de 2 mL estéril, adicionándole un volumen de isopropanol frío, y un décimo del volumen de Acetato de Sodio 3 M, después se mezcló suavemente por inversión y se deja precipitando el ADN a -20°C durante toda la noche. Posteriormente se centrifugó a 10 000 rpm durante 15 min. a 4°C, después el sobrenadante se eliminó y la pastilla se lavó con 700 μ L de etanol al 70%, después los microtubos se colocaron en un termomixer Eppendorf® y se dejaron secando a 50°C durante 10 min. Finalmente, la pastilla de ADN se resuspendió en 50 μ L de Buffer TE (Tris 10 mM (pH 7.8) y EDTA 1 mM) y se almacenó a -20 °C hasta su uso.

Determinación de la concentración del ADNg

La concentración y la pureza del ADNg se determinaron mediante espectrofotometría con **NanoDrop** Perkin Elmer®. La concentración de ADN se evaluó a 260 nm y se utilizó la relación entre las lecturas a 260 nm y 280 nm para estimar la pureza del ADN. La integridad del ADN genómico se evaluó mediante la resolución del ADN en un gel de agarosa al 1 % mediante electroforesis, seguida de su visualización con tinción con bromuro de etidio. El ADN genómico se extrajo de células salivales, y el polimorfismo genético en osteoprotegerina (OPG), fue genotipados por PCR-RFLPs.

Amplificación de Osteoprotegerina (OPG) por PCR

Los reactivos utilizados en la reacción de amplificación de OPG por PCR fueron grado Biología molecular. Para cada una de las reacciones, se utilizaron los siguientes reactivos los cuales se depositan en microtubos de 200 µL : H₂O estéril desionizada tratada con DEPC, Buffer Dreamtaq , dNTP's , secuencia de los oligos utilizados:

OPG-F2 5'-ACTTCCTGTTGCCGGGACGCTA-3' y **OPG-R2** 5'-TACCACGAGCGCGCAGCACCTCA -3' , Polimerasa (Dreamtaq) y el ADNg de cada paciente (**Tabla 1**).

Tabla 1. Reacción para amplificación de OPG por PCR

Reactivos	Concentración inicial	Volumen (µL)	Concentración final
H ₂ O DEPC	N.A.	13.4	N.A.
Buffer Dreamtaq	10X	2.0	1X
dNTPs	10mM	0.5	0.25mM
Oligo MMP13-F	10µM	1.0	0.5 µM
Oligo MMP13-R	10µM	1.0	0.5 µM
Dreamtaq	5U/µl	0.3	0.075 U/µl
DNA genómico	40ng/µl	2.0	4 ng/µl
Volumen Total	-----	20 µL	-----

Posteriormente, las mezclas de reacción se colocaron en un termociclador (Techne, modelo TC-412), el cual previamente se había programado con las siguientes condiciones: un paso inicial a 95°C por 3 min. y 40 ciclos de 94°C por 30 seg., 60°C por 40 seg., 72°C por 30 seg. y una extensión final a 72°C por 5 min. El amplicón esperado es de **147 pb**.

Digestión del gen que codifica para la OPG

Después de verificar la amplificación del fragmento del gen de la OPG de **147 pb** por electroforesis en un gel de agarosa al 1.5 % teñido con EtBr, se procedió a digerir el amplicón con la endonucleasa *Sml* I, para poder determinar el polimorfismo de cada muestra. La mezcla de 10 µL correspondiente a la restricción en promedio contenía: 3.5 µL de H₂O DEPC: 1 µL de Buffer (10X), 0.5 µL enzima *Sml* I (10U/ µL) y 5 µL del amplicón del gen OPG (50ng/ µL). (Tabla 2)

Tabla 2. Mezcla de reacción para la digestión con la enzima Sml I.

Reactivos	Volumen (μL)
H ₂ O dHPC	3.5
Buffer (10X)	1.0
Enzima Sml I (10U/μL)	0.5
Amplicón del gen OPG (50ng/μL).	5.0
Volumen Total	10 μL

Determinación de los polimorfismos por PCR-RFLP

La verificación de la digestión del amplicón OPG de 147 pb, se llevó a cabo por electroforesis en gel de agarosa al 2 % teñido con EtBr (10 mg/ml), con el objetivo de detectar las variaciones genéticas, en este caso, verificar el polimorfismo en OPG (rs2073618). Si el amplicón de 147 pb no se corta con la enzima de restricción indica presencia del alelo G, mientras que la condición heterocigota produce 3 bandas una de 147pb, otra de 123pb y una pequeña de 24 pb, por su parte el alelo C solo genera 2 bandas: 123pb y 24pb (Langdahl *et al* 2002; calvano Kuchler *et al* 2020). Finalmente cabe mencionar que todos los geles de agarosa realizados fueron analizados en un fotodocumentador de todos modos nGene Genius (Bio Imaging System, SYNGENE®).

RESULTADOS

Aplicamos electroforesis en gel de agarosa al 2% coloreado con bromuro de etidio para ambos productos, lo que nos facilitó la observación de los fragmentos amplificados bajo la luz ultravioleta.

La Figura 3 nos muestra bandas claramente delimitadas, lo que señala que la reacción de PCR resultó exitosa. Las muestras nos facilitaron la comprobación de la amplificación del fragmento del gen OPG de 147 pb.

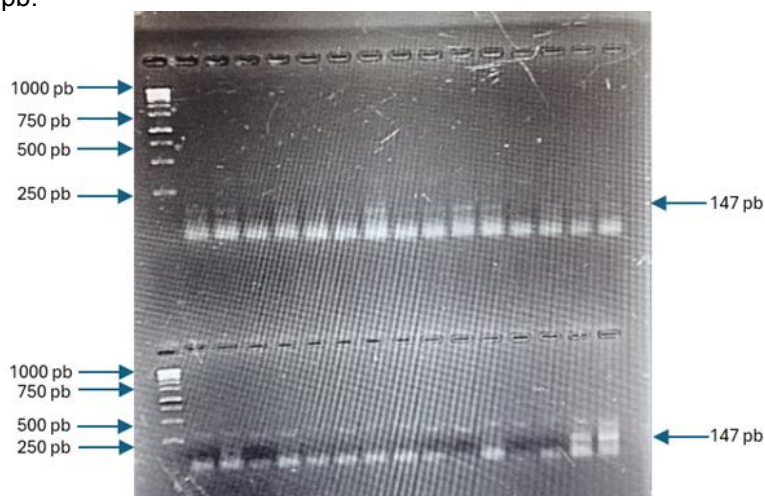


Figura 2. Productos de amplificación del gen de la OPG.

Este procedimiento corroboró que el ADN obtenido de las muestras de citocepillo era de buena calidad y que la región de interés fue amplificada de manera adecuada.

En la siguiente figura (figura 4), mostramos los hallazgos de la digestión enzimática con la enzima Sml I, tras la amplificación mediante PCR. Este paso está relacionado con el análisis de PCR-RFLP (Reacción en Cadena de la Polimerasa seguida de Polimorfismo en la Longitud de los Fragmentos de Restricción), un método empleado para detectar polimorfismos genéticos a través de la fragmentación específica del ADN.

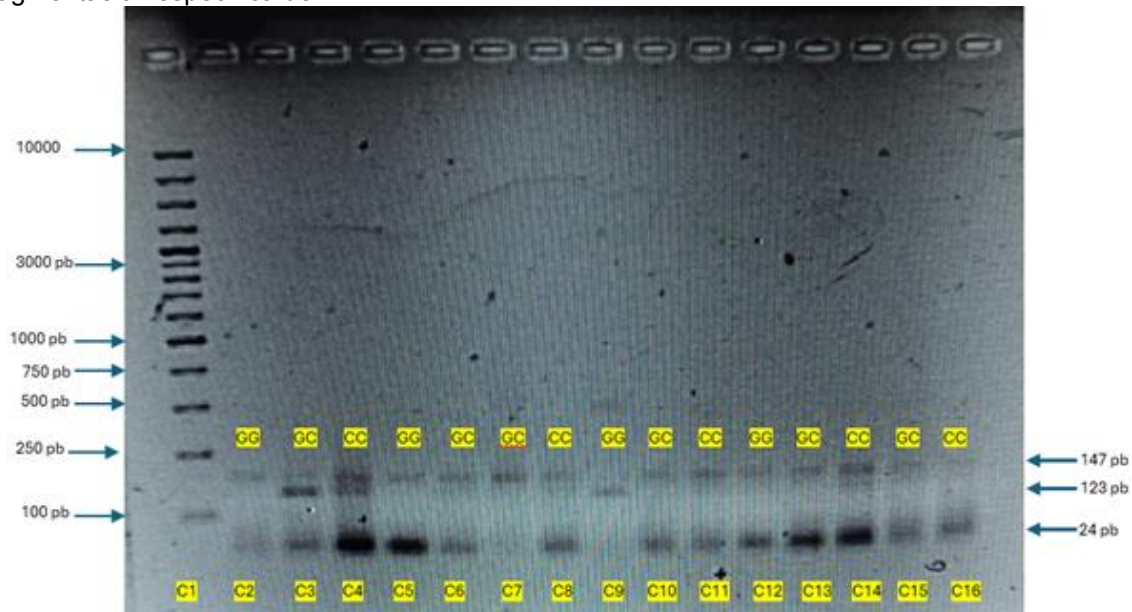


Figura 3. Productos de digestión con la enzima Sml I.

En esta electroforesis, se pueden apreciar diversos patrones de bandas que nos facilitaron la distinción de los genotipos del polimorfismo:

- Las muestras con una sola banda no digerida se asocian al genotipo GG, o sea, homocigoto para el alelo G.
- Las muestras con dos bandas simbolizan el genotipo CC, o sea, homocigoto para el alelo C, lo que señala una digestión total.
- Por último, las que exhiben tres bandas están relacionadas con el genotipo heterocigoto GC, en el que se pueden distinguir tanto los fragmentos no digeridos como los fragmentos ya digeridos.

Este estudio estableció la frecuencia genotípica en la población analizada y permitió establecer, o en este escenario descartar, una potencial correlación entre este indicador genético y la experiencia de caries dental.

En la siguiente figura (Figura 4) ilustra el reparto de los participantes por género. Como se mencionaba previamente, se examinaron 177 ejemplares de niños provenientes de escuelas de El Salvador, siendo el 53.1% de ellos niñas y el 46.9% de ellos niños.

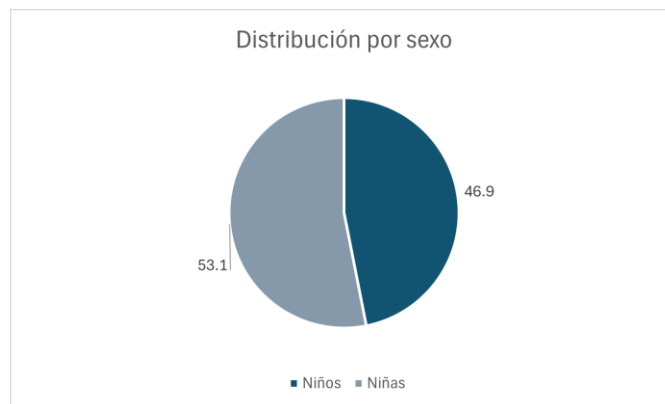


Figura 4. Distribución porcentual de los participantes según el sexo.

Dicha figura (figura 5) muestra la cantidad de niños que sí experimentaron caries en comparación con aquellos que no lo hicieron. Aquí hallamos una información significativa: cerca del 66.1% de los participantes habían experimentado caries.

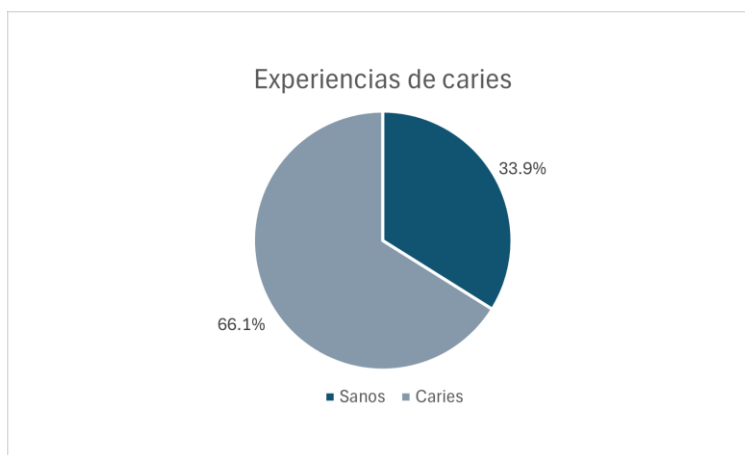


Figura 5. Distribución porcentual de los participantes según la experiencia de caries dental.

La Figura 6 presenta el reparto genotípico del polimorfismo genético. Los hallazgos señalan que: el genotipo heterocigoto GC resultó ser el más común, con un 45.8%, después se situó el genotipo homocigoto GG con un 33.3%, y el genotipo homocigoto CC con un 20.9%

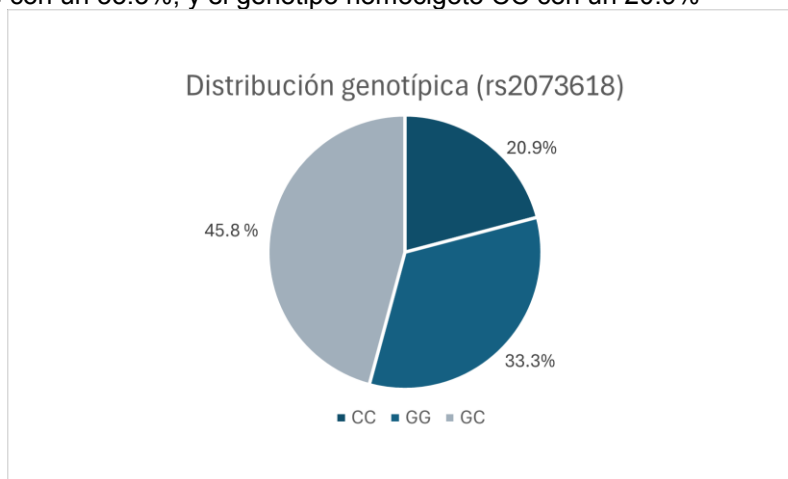


Figura 6. Distribución genotípica del polimorfismo rs2073618 del gen *TNFRSF11B*.

El equilibrio de Hardy–Weinberg se observó en la distribución genotípica ($X^2=0.79$; $P=0.37$). No se detectaron variaciones importantes en la distribución de genotipos o alelos entre los niños que padecen caries y sus pares. En el estudio de regresión logística, únicamente la placa dentobacteriana mostró una correlación significativa con la vivencia de caries ($P=0.03$).

CONCLUSIÓN

A pesar de que no se detectó una correlación relevante entre el polimorfismo rs2073618 del gen TNFRSF11B y la incidencia de caries dental en estudiantes de El Salvador, los hallazgos subrayan la importancia de los factores ambientales, en particular la higiene bucal, en la prevalencia de la caries. Esta observación se confirma por la elevada incidencia de placa dentobacteriana y su vínculo considerable con la caries. Este análisis constituye el primer informe acerca de la distribución del polimorfismo rs2073618 en un grupo de niños de El Salvador, aportando datos útiles para futuros estudios acerca de la conexión entre la genética y la salud oral en la región.

BIBLIOGRAFÍA

- Núñez, D. P., & Lourdes, G. B. (s. f.). Bioquímica de la caries dental. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s1729-519x2010000200004&script=sci_arttext
- Organización Mundial de la Salud. (2013). Oral Health Surveys Basic Methods (5.a ed.).
- World Health Organization: WHO. (2022, 18 noviembre). La OMS destaca que el descuido de la salud bucodental afecta a casi la mitad de la población mundial. World Health Organization. <https://www.who.int/es/news/item/18-11-2022-who-highlights-oral-health-neglect-affecting-nearly-half-of-the-world-s-population>
- Kornhauser Aburto, S. (2024). Análisis de MMP13-77A/G (rs2252070) como biomarcador de vulnerabilidad genética a caries de población escolar de El Salvador. Tesis de licenciatura, Universidad de Guanajuato.

IDENTIFICACIÓN DE MANEJO DE MEDICAMENTOS CADUCADOS. CONOCIMIENTO, RIESGOS Y PRÁCTICAS DE CONSUMO EN EL CUCIÉNEGA UDG, OCOTLÁN, JAL.

Verónica Montserrat Camarena De la Mora¹, María Elena Becerra Mercado²

Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de la Ciénega, Ocotlán, Jal., Mex.

veronica.camarena3983@alumnos.udg.mx

RESUMEN

El mal manejo de los medicamentos caducados representa un riesgo para la salud pública, el medio ambiente y la economía (Bartolomé I., et al., 2023; Fernández J., et al., 2018). Esta investigación identifica el manejo de medicamentos caducados en la comunidad universitaria del CUCIÉNEGA, sede Ocotlán, Jalisco, evaluando el nivel de conocimiento, los riesgos asociados y las prácticas de consumo y desecho.

Se realizó un estudio exploratorio, cualitativo, descriptivo y de corte transversal mediante encuestas a 530 estudiantes y maestros, considerando las variables de si trabaja o no, edad, género y carrera. Se buscó identificar qué grupos tienden más a llevar a cabo mal manejo de medicamentos y proponer estrategias educativas para mejorar su manejo y desecho seguro.

El objetivo general fue determinar el grado de conocimiento sobre el manejo de medicamentos caducados, mientras que los objetivos específicos incluyeron identificar qué carreras y género presentan mayor tendencia a estas prácticas y desarrollar estrategias de educación sanitaria.

Los resultados indican que el 82.1% de los encuestados tenían entre 17 y 21 años y que el 54.7% eran mujeres. Las carreras con mayor participación fueron Químico Farmacéutico Biólogo (23.8%), Ingeniería Química (15.1%) y Psicología (14.6%). El 63% de las personas no sabe qué hacer con los medicamentos caducados. Se encontró que el 60.8% desconoce el concepto de interacción farmacológica. Se observó que el 96.2% toma los medicamentos con agua. Un 23.3% ha consumido medicamentos con jugo de naranja al menos una vez, lo que puede generar interacciones farmacológicas riesgosas (MedlinePlus, 2023). Con respecto al manejo de medicamentos caducados, el 78.4% ha tenido medicamentos vencidos en casa y 23.4% los ha consumido al menos una vez, la mayoría por falta de acceso inmediato a uno con fecha de caducidad vigente. Solo el 5.6% mencionó diferencias en el efecto del medicamento en comparación con un medicamento en buen estado. En base al desecho de medicamentos caducados, el 63.6% de la población estudiada tira los medicamentos a la basura común y un 10.8% los lleva a un centro de salud. Además, el 90.9% desconoce los puntos de acopio de medicamentos caducos, y el 74.7% no sabe los efectos que pueden tener los medicamentos caducados en el medio ambiente, lo que evidencia la falta de educación sobre el impacto ambiental de estos residuos.

La contaminación de agua potable y ecosistemas por medicamentos vencidos ha sido ampliamente documentada (Calderón J., et al., 2021). La investigación destaca la carencia de conocimiento sobre los riesgos del consumo de medicamentos caducados. A nivel de salud pública, su consumo puede derivar en tratamientos ineficaces o intoxicaciones (Agrawal P., et al., 2023). La universidad debe reforzar la educación sanitaria, dado que es un actor clave en la promoción de prácticas responsables.

Las conclusiones señalan la urgencia de implementar programas educativos sobre el manejo adecuado de medicamentos caducados. Se recomienda organizar talleres y campañas de concientización, promover el uso de contenedores de recolección en el campus y difundir información sobre los riesgos ambientales sanitarios. La investigación confirma que la desinformación sobre medicamentos caducados es un problema significativo y propone estrategias para reducir sus impactos negativos en la salud y el medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene como fin identificar el consumo y manejo adecuado de los medicamentos, ya que, esto es crucial para garantizar la salud pública y el bienestar medio ambiental. Sin embargo, la información respecto a cómo manejar los medicamentos caducados es mayormente pasada por alto, causando un problema a nivel de salud, economía y ambiente.

La fecha de caducidad de un medicamento es la fecha específica en la que un medicamento ya no puede considerarse seguro para el consumo. La OMS recomienda que cada producto farmacéutico vaya acompañado de un prospecto que proporcione información completa sobre diversos aspectos, incluidas las indicaciones, los posibles efectos adversos, las posibles interacciones y la fecha de caducidad (Agrawal P, et al., 2023).

El mal manejo de los medicamentos vencidos, ya sea por su consumo después de la fecha de caducidad o su desecho inadecuado, puede provocar efectos sumamente negativos en la salud del individuo, tales como la pérdida de eficacia terapéutica o aparición de nuevos síntomas y efectos secundarios no deseados.

Los medicamentos sobrantes y vencidos en los hogares deben desecharse de tal manera que se garantice la seguridad de la población, al mismo tiempo que se genere el menor impacto negativo posible en el medio ambiente (Calderón & Mónica Tarapués, 2021).

Es importante mencionar que la caducidad de los medicamentos está impresa en los empaques, cajas, frascos, blíster y envases. Los medicamentos caducos no deben ser desechados en la basura común, inodoros, en la calle o fuentes de agua potable. Al mismo tiempo, tampoco deben permanecer en los hogares con el fin de prevenir alguna ingesta accidental de estos medicamentos caducados (Secretaría de Salud, 2024).

Por otra parte, la lista de las modificaciones físicas se amplía y cobra especial importancia; aumento en el tiempo de disgregación de los comprimidos, separación de las emulsiones en fases, variación en el punto de fusión de los supositorios, modificación del tamaño de partículas de las suspensiones, etc. (Alberto Lezerovich, 1973).

TEORÍA

Todo medicamento es considerado por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos como residuo peligroso y, por lo tanto, su eliminación debe ajustarse a los procedimientos establecidos en la legislación sanitaria y ambiental correspondiente, ya que contamina los abastecimientos de agua o las fuentes locales que utilizan las comunidades y la fauna silvestre (Fernández J., et al., 2018).

Algunos de los medicamentos sobrantes almacenados en los hogares son imposibles identificar la fecha de caducidad ya que carecen de envases secundarios. En otros casos, no se dispone de los prospectos o información para las personas. Sin embargo, también se ha visto que los medicamentos están fuera de su envase primario (blíster) o dicho envase fue cortado y no tiene su fecha de caducidad (Calderón & Mónica Tarapués, 2021).

Retomando el punto anterior, los medicamentos No deberán desecharse antineoplásicos en vías de agua porque pueden perjudicar la vida acuática o contaminar el agua potable. Primero, se deben clasificar las propiedades del medicamento y analizar cuáles pueden verse afectadas al cumplir la fecha de caducidad; estas propiedades son las Físico-Químicas, Microbiológicas, Terapéuticas y Toxicológicas (Correa Salde, V., Solá, N., 2001).

Existe una clasificación de los medicamentos caducados como un residuo peligroso que está predispuesto en la elaboración y producción de medicamentos y productos biológicos (Hernández P., Fernández G., 1995).

En principio, cualquier variación en la eficacia terapéutica de un medicamento producida durante su envejecimiento debe poder correlacionarse a alguna o algunas de sus propiedades físicas o químicas. Sin embargo, esto implicaría poseer conocimientos mucho más completos sobre el fármaco y el receptor que los que se tiene actualmente (Alberto Lezerovich, 1973).

Compuestos farmacéuticos vencidos o sin uso y sus productos de degradación, al ser desechados de forma inapropiada, son una fuente de contaminación del ambiente con efectos negativos sobre la salud humana y en especial en los acuíferos y aguas superficiales por la diversidad de especies que en ellos cohabitan. Una característica común de estos contaminantes emergentes es que, si bien son introducidos en el ambiente a concentraciones no muy elevadas, lo hacen de manera regular y continua, de modo que concentraciones consideradas inocuas pueden tener efectos negativos en el ambiente por su acción acumulativa, dependiendo del tipo de metabolito, y la vida media de los compuestos desechados (Bartolomé I, et al., 2019).

En el caso de los medicamentos caducos que la empresa generadora debe tratar y disponer, como son aquellos que se quedaron en sus bodegas o bien fueron devueltos por el proveedor comercial, deberán contar con las pruebas de toxicidad especificadas en las NOM-052-ECOL-1993 y NOM-053-ECOL-1993; además de que las pruebas deben efectuarse para mezclas de medicamentos a una proporción más o menos constante para aquellos que han de ser dispuestos de manera conjunta (Hernández P., Fernández G., 1995).

Cada año sucede un incremento en el consumo de medicamentos, lo que ocasiona una acumulación de los medicamentos en el hogar, que después son desechados de manera inadecuada, convirtiéndose en un riesgo para el ambiente y la salud pública (Bartolomé et al., 2019).

Así mismo, las personas que trabajan suelen tener menos tiempo para revisar las fechas de caducidad o comprar medicamentos nuevos. Si están ocupados o enfermos, podrían usar medicamentos caducados por no poder ir a la farmacia. Pueden estar menos expuestas a campañas sobre el manejo adecuado de medicamentos. Pueden preferir usar medicamentos caducados para ahorrar dinero y, por no faltar al trabajo, podrían tomar medicamentos caducados para aliviar los síntomas de manera rápida.

Por otro lado, el jugo de arándano azul podría disminuir la rapidez con la que el cuerpo se deshace de la bupiriona. Interacción: Puede inhibir la enzima CYP2C9, especialmente afectando a los anticoagulantes.

Medicamentos afectados: Anticoagulantes como Warfarina (MedlinePlus Suplementos, 2022).

El jugo de toronja podría aumentar la cantidad de medicamentos para la presión arterial alta que absorbe el cuerpo. Interacción: Inhibe significativamente la enzima CYP3A4, lo que puede provocar niveles peligrosamente altos de ciertos medicamentos. Medicamentos afectados: Estatinas (atorvastatina, simvastatina), bloqueadores de los canales de calcio (nifedipino, felodipino), medicamentos inmunosupresores (ciclosporina), y ansiolíticos (buspirona), (Toronja: MedlinePlus Suplementos, 2023).

El jugo de naranja causa a inhibición de la enzima CYP3A4, afectando el metabolismo de algunos medicamentos. Medicamentos afectados: estatinas (simvastatina), antibióticos (ciprofloxacino), antihistamínicos (fexofenadina), entre otros (Manual MSD, 2025).

Objetivo General

Identificar si la comunidad universitaria tiene conocimiento sobre el manejo de medicamentos caducados, hábitos de consumo, desecho y conciencia sobre los riesgos asociados.

Objetivos Específicos:

1. Identificar qué carreras son las más propensas a realizar este tipo de prácticas y qué género es más susceptible a desarrollar estos malos hábitos.
2. Proponer estrategias educativas para mejorar el conocimiento sobre el manejo seguro de los medicamentos caducados dentro de la institución académica del CUCIÉNEGA.

PARTE EXPERIMENTAL

Se realizó un estudio exploratorio de naturaleza cualitativa, descriptiva, observacional, de corte transversal; utilizando una encuesta validada como instrumento el cuál se llevará a cabo en el Centro Universitario de la Ciénega, sede Ocotlán, Jalisco. Se realizará una búsqueda bibliográfica de diversas fuentes para garantizar la confiabilidad y precisión de la investigación.

La encuesta fue aplicada a estudiantes y maestros de diversos rangos de edad, géneros y carreras con el objetivo de determinar qué segmentos de la población estudiada tienden más a llevar a cabo el mal manejo, consumo y desecho de medicamentos caducados.

Recolección de datos

Se obtuvo mediante la aplicación de una encuesta con 19 preguntas de carácter confidencial a 530 personas utilizando formularios de Google para el análisis de los resultados. Por lo que este muestreo es No probabilístico.

Los datos recopilados fueron: edad, género, carrera, manejo/consumo/desecho de medicamentos.

El objetivo de esta investigación es identificar qué tan informada están las personas respecto al manejo adecuado de medicamentos caducados. Describir los riesgos a la salud del consumo inapropiado de medicamentos caducados y proporcionar recomendaciones para evitar efectos adversos o fracaso del tratamiento terapéutico, informar sobre el impacto ambiental que causa el mal desecho de estos.

Criterios de Inclusión

Estudiantes y maestros de la universidad del CUCIÉNEGA, sede Ocotlán, Jal.; que tengan más de 17 años.

Criterios de Exclusión

Personas menores a 16 años y que sean externas a la comunidad universitaria.

RESULTADOS

El 82.1% de los encuestados tenía entre 17-21 años, el 14.3% de 22-25 y el resto mayor a 26 años. Respecto a uno de los objetivos, se preguntó el género de los individuos, siendo el 54.7% mujeres y 45.3% hombres.

Otro de los objetivos fue identificar qué carrera era la más propensa a realizar estas actividades, y la carrera que se observó por encima de otras fue la de L. Químico Farmacéutico Biólogo con un 23.8%, seguida la Ingeniería Química con 15.1% y Psicología con 14.5%.

El 50.8% de las personas trabajaban al momento de responder la encuesta, mientras que el 49.2% no lo hacía.

El 60.8% de los individuos conocían lo que es una interacción farmacológica, y el 39.2% niega saber qué significa.

El 96.2% de los encuestados dijo tomar los medicamentos con agua natural, y el resto lo hacía con jugo, refresco, café, etc.

De esas personas que dijeron haber tomado medicamentos con jugos, se lo hicieron con jugo de naranja y arándano.

El 78.4% de las personas tuvieron medicamentos caducados en sus casas, mientras que el 21.6% lo niegan.

Se observó que el 23.4% de los estudiantes y maestros han tomado alguna vez medicamentos caducados, y el 76.6% no lo han hecho.

De esas personas que dijeron haberlos consumido, el 11% mencionó que fue porque no tuvieron un acceso inmediato a medicamentos vigentes.

Pocas personas (4%) notaron efectos diferentes en comparación con medicamentos vigentes. Se preguntó si sabían qué se debe hacer con los medicamentos caducados, por lo que el 63% niega saberlo, sólo el 37% lo sabe.

Respecto a ello, el 74.7% dijo no haber recibido información confiable sobre el manejo de medicamentos caducados, sólo el 25.3% la ha recibido.

Así mismo, el 75.6% de los encuestados desecha los medicamentos cuando están caducados, y el resto cuando ya no los consumen o compraron otros.

Por ende, se preguntó cómo se deshacían de ellos y, el 63.6% los desecha en la basura común, un 10.8% lo hace llevándolos a un centro de salud y un 6.3% lo hace en empaques especiales.

En base a otro de los objetivos, se preguntó si conocían los puntos de recolección de medicamentos caducados, y se observó que el 90.9% desconocían de su ubicación, sólo el 9.1% sabe dónde se encuentran.

De ellos, sólo el 5.2% los han usado para deshacerse de los medicamentos caducados.

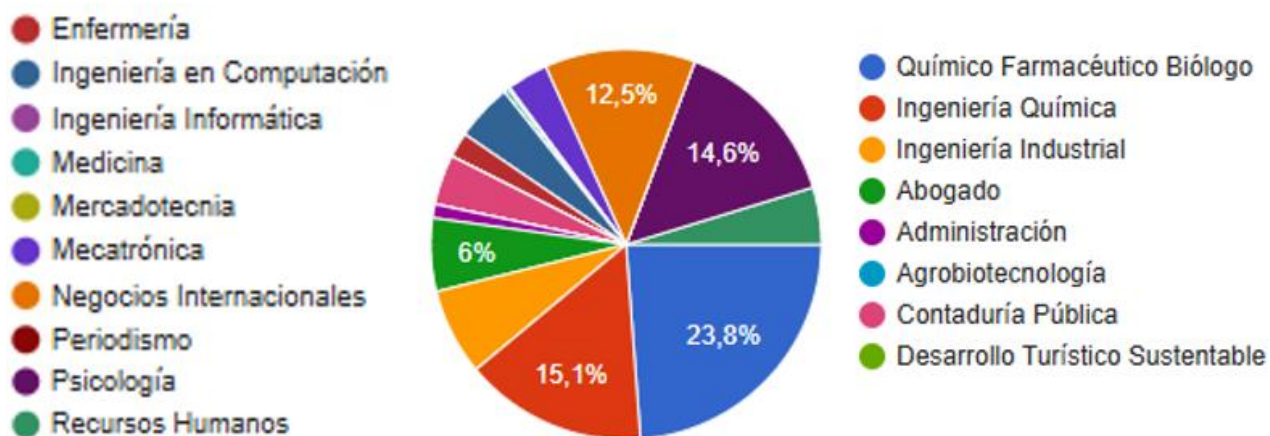
Así mismo, se preguntó si sabían qué efectos pueden tener los medicamentos caducados en el medio ambiente si no se desechan adecuadamente, únicamente el 25.3% dice saber qué sucede al respecto.

El 88.7% de los encuestados consideran importante el impacto en la salud por el consumo de medicamentos caducados.

Interpretación de Resultados

Carrera

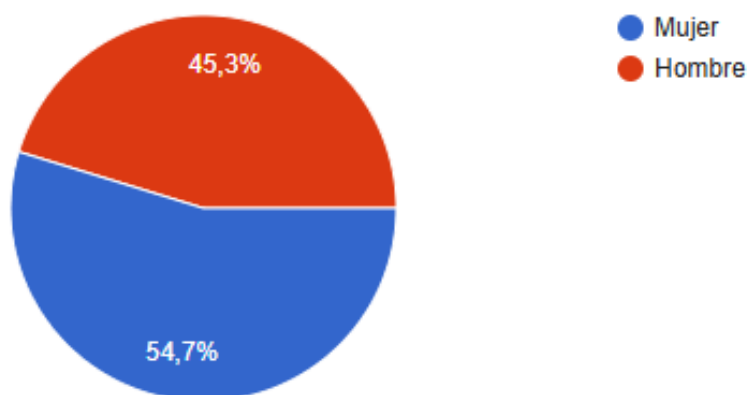
530 respuestas



Gráfica 1. La principal carrera es la de Químico Farmacéutico Biólogo con un 23.8%, Ingeniería Química (15.1%) y Psicología (14.6%).

Género

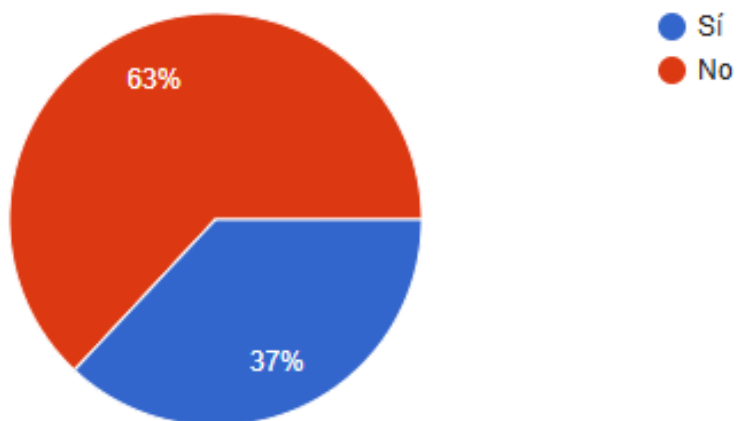
530 respuestas



Gráfica 2. El género que más participó fue el femenino con un 54.7%.

¿Sabe qué hacer con los medicamentos caducados?

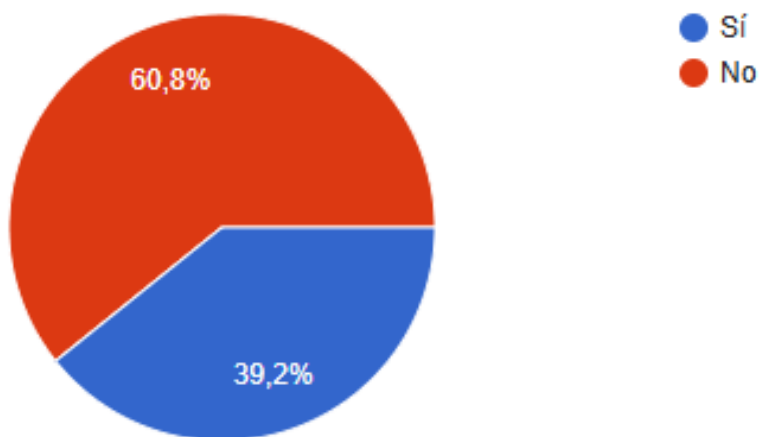
530 respuestas



Gráfica 3. El 63% de las personas no saben qué hacer con los medicamentos caducados.

¿Sabe lo que es una interacción farmacológica?

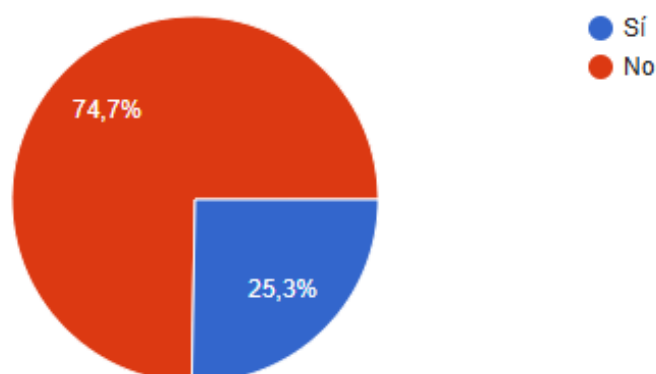
530 respuestas



Gráfica 4. El 60.8% de las personas no sabe lo que es una interacción.

¿Ha recibido algún tipo de información confiable respecto al manejo de medicamentos caducados?

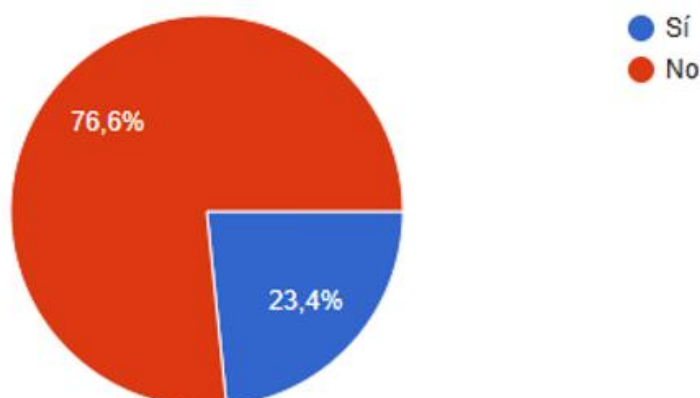
530 respuestas



Gráfica 5. El 74.7% de las personas no han recibido información sobre el manejo de medicamentos caducados.

¿Ha consumido alguna vez un medicamento después de su fecha de caducidad?

530 respuestas



Gráfica 6. El 23.4% de las personas ha consumido medicamentos caducados al menos una vez.

CONCLUSIONES

Estos resultados nos indican que hay una gran falta generalizada de conocimiento y prácticas adecuadas relacionadas con el manejo y consumo de medicamentos, esto conlleva a riesgos considerables para la salud, sobre todo al momento de consumir los medicamentos caducados o, al combinar medicamentos con los jugos de naranja/toronja/arándano. También, se torna preocupante el hecho de que gran cantidad de personas desecha los medicamentos en la basura común, generando un daño ambiental significativo.

Por ende, se destaca la necesidad Urgente de programas de educación y concientización sobre cómo manejar de manera correcta los medicamentos vencidos, tanto en términos generales de consumo como de desecho.

Aunque la encuesta no profundiza directamente en la relación entre trabajar y consumir medicamentos caducados, el hecho de que el 50.8% de los encuestados trabaje podría influir en su manejo de los medicamentos, debido a factores como la falta de tiempo, presión laboral o desconocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agrawal, P., Virendra Kushwaha, Rana, G. S., & Chandra, S. (2023). THE TRUTH ABOUT EXPIRED DRUGS: AN IN-DEPTH REVIEW. *World Journal of Pharmaceutical*. <https://doi.org/10.20959/wjpr202321-30355>
2. Alberto Lezerovich (1973) LA FECHA DE VENCIMIENTO DE LOS MEDICAMENTOS. [ARCHIVO PDF] <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/10863/v74n2p138.pdf?sequence=1>
3. Bartolomé, I., Manzóllilo, A., Marino, M., González, J., Manzóllilo, B., & González, M. (2019). ARTÍCULO ORIGINAL. 127(2), 108–122. [ARCHIVO PDF] <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/09/1006449/02-manzóllilo-b-108-122.pdf>
4. Calderón J., Terapué M. (2021). Medicamentos sobrantes y caducados en el hogar ¿Su almacenaje y desecho representan un problema de salud pública? *Salud Colectiva*, 17, e3599–e3599. <https://doi.org/10.18294/sc.2021.3599>
5. Correa Salde, V., Solá, N. (2001) Los Medicamentos Vencidos: ¿qué necesitamos saber? Centro de Información de Medicamentos Departamento de Farmacia - Facultad de Ciencias Químicas Universidad Nacional de Córdoba. [ARCHIVO PDF] <http://cime.fcq.unc.edu.ar/wp-content/uploads/sites/15/2016/12/Bolet%C3%ADn-CIME-9-2001.pdf>
6. Fernández J., Gómez A., López Y., et al. (2018) Medicamentos caducos, uso y conocimiento en estudiantes del Instituto de Ciencias de la Salud de una Universidad Pública. *Journal Of Negative and No positive Results*. [ARCHIVO PDF] <https://www.jonnpr.com/PDF/2665.pdf>
7. Hernández p., Fernández G, (1995) MANUAL PARA EL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE MEDICAMENTOS Y FÁRMACOS CADUCOS. [ARCHIVO PDF] https://www.pediatría.gob.mx/archivos/burbuja/10_farmacos.pdf
8. Manual MSD (2025). Algunas interacciones entre fármacos y alimentos. Recuperado el 23/10/2024 de: <https://www.msdmanuals.com/es/hogar/multimedia/table/algunas-interacciones-entre-f%C3%A1rmacos-y-alimentos>
9. MedlinePlus suplementos (2022). Arándano Azul. Medlineplus.gov. [https://medlineplus.gov/spanish/druginfo/natural/1013.html#:~:text=El%20jugo%20de%20ar%C3%A1ndano%20azul,que%20sea%20una%20preocupaci%C3%B3n%20importante.&text=\(Ansaid%2C%20otros\)-,El%20jugo%20de%20ar%C3%A1ndano%20azul%20podr%C3%ADa%20disminuir%20la%20rapidez%20con,cuerpo%20se%20deshace%20del%20flurbiprofeno](https://medlineplus.gov/spanish/druginfo/natural/1013.html#:~:text=El%20jugo%20de%20ar%C3%A1ndano%20azul,que%20sea%20una%20preocupaci%C3%B3n%20importante.&text=(Ansaid%2C%20otros)-,El%20jugo%20de%20ar%C3%A1ndano%20azul%20podr%C3%ADa%20disminuir%20la%20rapidez%20con,cuerpo%20se%20deshace%20del%20flurbiprofeno)
10. MedlinePlus suplementos (2023). Toronja. Medlineplus.gov. <https://medlineplus.gov/spanish/druginfo/natural/946.html#:~:text=El%20jugo%20de%20toronja%20podr%C3%ADa%20aumentar%20la%20cantidad%20de%20medicamentos,su%20presi%C3%B3n%20arterial%20baje%20demasiado.>
11. Secretaría de Salud de La Ciudad de México. (2024). Recomendaciones para manejo adecuado de medicamentos caducos. <https://www.salud.cdmx.gob.mx/boletines/22abr2024-presenta-agepsa-recomendaciones-para-manejo-adecuado-de-medicamentos-caducos>

LA INHIBICIÓN DE LA NADPH OXIDASA REDUCE LA PEROXIDACIÓN LIPÍDICA EN EL MÚSCULO ESQUELÉTICO DE RATAS DIABÉTICAS

Sarai Sánchez Duarte¹, Alfredo Saavedra Molina¹, Elizabeth Sánchez Duarte², Luis Eduardo Álvarez Aviña¹, Uriel Noé Solano Candía¹, Luis Alberto Sánchez Briones² y Rocío Montoya Pérez¹

¹Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas UMSNH

²Departamento de Ciencias Aplicadas al Trabajo, Universidad de Guanajuato, campus León
1315649c@umich.mx

RESUMEN

La NADPH oxidasa (NOX) es una enzima cuya única función es la producción de especies reactivas de oxígeno (ERO). En músculo esquelético se expresan dos isoformas de la NOX (NOX2 y NOX4), que en condiciones fisiológicas son consideradas como importantes moduladores de la homeostasis redox. Sin embargo, en condiciones patológicas, como en la diabetes mellitus (DM), se ha observado que, a medida que aumenta la hiperglucemia, también lo hace la actividad y la expresión de las NOX, lo que está asociado con un estado de estrés oxidativo y con complicaciones secundarias relacionadas con la diabetes, como el daño a los músculos esqueléticos (miopatía diabética). La apocinina es un compuesto orgánico vegetal que ha demostrado ser un inhibidor específico de la NOX. Además, presentó propiedades antioxidantes y antiinflamatorias en diversos modelos celulares y animales. Se ha informado que la apocinina atenuó el daño por estrés oxidativo en modelos de cardiomiopatía diabética. Asimismo, la inhibición de la NOX ha mostrado mejorar la señalización de la insulina en los músculos esqueléticos de ratones con obesidad y diabetes. Sin embargo, se desconoce el impacto de la inhibición de la NOX en los mecanismos celulares subyacentes de la miopatía diabética. En este estudio, se utilizaron 24 ratas macho Wistar (230–250 g), a las que se les indujo diabetes mediante la administración de estreptozotocina (60 mg/kg). El tratamiento con apocinina (3 mg/kg/día) se administró durante 8 semanas. La glicemia basal y el peso corporal fueron evaluados al inicio y al final de la intervención. Los músculos de interés fueron aislados para analizar la peroxidación lipídica mediante el ensayo de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS), según el método descrito por nuestro grupo de investigación¹. Se observó un aumento en la concentración de TBARS en los músculos sóleo y EDL del grupo diabético en comparación con el grupo control ($p < 0.05$). El tratamiento con apocinina previno el aumento de la peroxidación lipídica en ambos músculos ($p < 0.001$ en EDL y $p < 0.05$ en sóleo), en el grupo diabético tratado con apocinina, en comparación con el grupo diabético no tratado. La inhibición de la NOX por la apocinina ejerció un efecto mioprotector al atenuar el estrés oxidativo en los músculos esqueléticos de ratas diabéticas, reduciendo los niveles de peroxidación lipídica.

INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus (DM) es un conjunto de trastornos metabólicos caracterizados por una secreción insuficiente de insulina o una transducción deficiente de su señal, lo que conduce a un estado de hiperglucemia crónica. Esta enfermedad tiene manifestaciones multisistémicas y afecta diversos tejidos del organismo (Dhirani et al., 2023). Una complicación frecuente tanto en la diabetes tipo 1 como en la tipo 2 es la miopatía diabética, la cual se manifiesta por la incapacidad de preservar la masa y la función muscular. Como consecuencia, la pérdida de masa muscular suele asociarse con una disminución de la fuerza y la calidad del músculo, una menor resistencia física y alteraciones contráctiles que derivan en debilidad, fatiga e intolerancia al ejercicio (Espino-González et al., 2024).

El estrés oxidativo es un factor central en la patogénesis de las complicaciones diabéticas. Este fenómeno se origina por una producción excesiva de especies reactivas de oxígeno (ERO) que excede la capacidad de los sistemas antioxidantes celulares, provocando un desequilibrio redox. La NADPH oxidasa (NOX) es una enzima cuya función principal es la generación de ERO (Ferreira y Laitano, 2016). En el músculo esquelético se expresan dos isoformas de esta enzima, la NOX2 y la NOX4, que en condiciones fisiológicas actúan como reguladores clave de la homeostasis redox

(Henriquez-Olguin et al., 2019). Sin embargo, bajo condiciones patológicas como la DM, se ha observado que la hiperglucemia incrementa tanto la expresión como la actividad de las NOX lo que contribuye al estrés oxidativo y a diversas complicaciones secundarias asociadas con la enfermedad. En el tejido muscular esquelético, este desequilibrio redox afecta negativamente la señalización de la insulina, promueve la lipotoxicidad, altera la función mitocondrial y activa rutas inflamatorias, lo que en conjunto favorece a la disfunción muscular (Espino-González et al., 2014).

La apocinina es un compuesto de origen vegetal que ha demostrado ser un inhibidor específico de la actividad de la NOX. Además, posee propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, comprobadas en distintos modelos celulares y animales (Min et al., 2018). En particular, se ha reportado que la apocinina reduce el daño inducido por el estrés oxidativo en modelos de cardiomiopatía diabética. Asimismo, la inhibición de la NOX ha mostrado efectos benéficos sobre la señalización de la insulina en el músculo esquelético de ratones con obesidad (Yokota et al., 2009; Gimenes et al., 2018). Sin embargo, el impacto de la inhibición de la NOX sobre los mecanismos celulares implicados en la miopatía diabética aún no ha sido completamente estudiado.

PARTE EXPERIMENTAL

Animales de experimentación. Se utilizaron ratas macho Wistar con un peso corporal de 230–250 g. Todos los animales fueron mantenidos en un ambiente libre de patógenos específicos, con un ciclo de luz-oscuridad de 12 horas y una temperatura controlada de 22 ± 2 °C. Se les proporcionó alimento estándar para roedores y agua *ad libitum*. Todos los procedimientos experimentales fueron realizados conforme a la Norma Oficial Mexicana para el Uso y Cuidado de los Animales de Laboratorio (NOM-062-ZOO-1999), emitida por la Secretaría de Agricultura de México, y aprobados por el Comité Institucional de Bioética y Bioseguridad del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Inducción de diabetes y diseño experimental. Al llegar al bioterio, los animales fueron aclimatados durante dos semanas para su adaptación al entorno. Posteriormente, se indujo diabetes experimental mediante una dosis única de estreptozotocina (STZ). Tras un ayuno de 12 horas, las ratas recibieron una inyección intraperitoneal de STZ recién disuelta en tampón de citrato (0.1 M, pH 4.5), a una dosis de 60 mg/kg de peso corporal. Las ratas del grupo control (normoglucémicas) recibieron únicamente el tampón de citrato. Veinticuatro horas después de la inyección, se midieron los niveles de glucosa en sangre utilizando un glucómetro. Solo se incluyeron en el estudio las ratas que presentaron niveles de glucosa en ayuno iguales o superiores a 250 mg/dL. Una vez confirmada la hiperglucemia, los animales fueron asignados aleatoriamente a cuatro grupos experimentales (n = 8 por grupo):

- Grupo C: ratas normoglucémicas
- Grupo A: ratas normoglucémicas tratadas con apocinina
- Grupo D: ratas diabéticas no tratadas
- Grupo DA: ratas diabéticas tratadas con apocinina

La apocinina fue administrada diariamente durante ocho semanas por vía intraperitoneal a una dosis de 3 mg/kg de peso corporal (vehículo: 0.1 % DMSO). Durante el protocolo experimental, se registraron semanalmente el peso corporal y los niveles de glucosa en sangre. Una vez finalizado el tratamiento, los animales de todos los grupos fueron sometidos a un ayuno de 8 horas y sacrificados. Se disecaron muestras de músculo esquelético de EDL y sóleo de ambas extremidades posteriores. Posteriormente, fueron almacenadas a -80 °C hasta su procesamiento para la medición de peroxidación lipídica.

Determinación de Peroxidación Lipídica. De acuerdo con el método de nuestro grupo, se utilizó un ensayo de medición por espectrofotometría de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) como marcador de peroxidación lipídica en los músculos EDL y sóleo (Sánchez-Duarte et al., 2017).

Análisis estadístico. El análisis estadístico se realizó con el software GraphPad Prism™ versión 10.3.1 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, EE. UU.). Los resultados se presentan como la media $\pm$ el error estándar de la media (E.E). Para determinar las diferencias estadísticas entre los distintos grupos, se empleó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, seguido de una comparación post-hoc mediante el método de Tukey, considerando un valor de $p \leq 0.05$ como estadísticamente significativo.

RESULTADOS

1. Efecto de la inhibición de la NADPH Oxidasa sobre la glucosa en ayuno y el peso corporal.

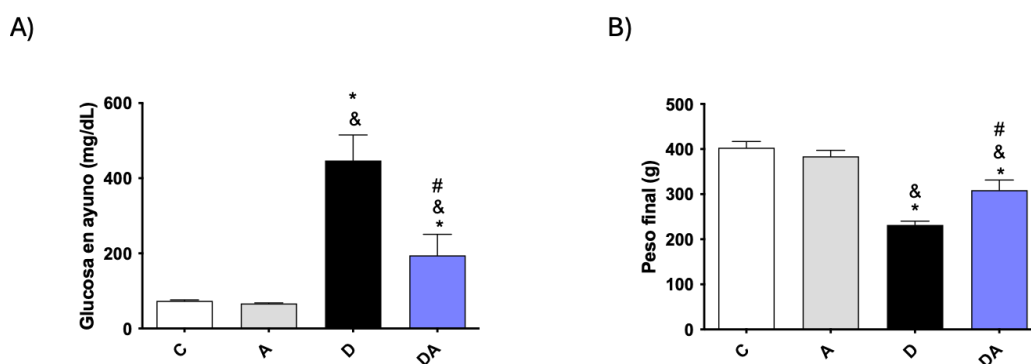


Figura 1. A) Niveles de glucosa en ayuno. B) Peso corporal. Los datos se expresan como la media $\pm$ el error estándar de la media (E.E). C = grupo control; A = grupo con apocinina; D = grupo diabético; DA = grupo con diabetes + apocinina. (n = 8). $P < 0.05$ vs. grupo C. & $P < 0.05$ vs. grupo A. # $P < 0.05$ vs. grupo D.

2. Efecto de la inhibición de la NADPH Oxidasa sobre los niveles de peroxidación lipídica

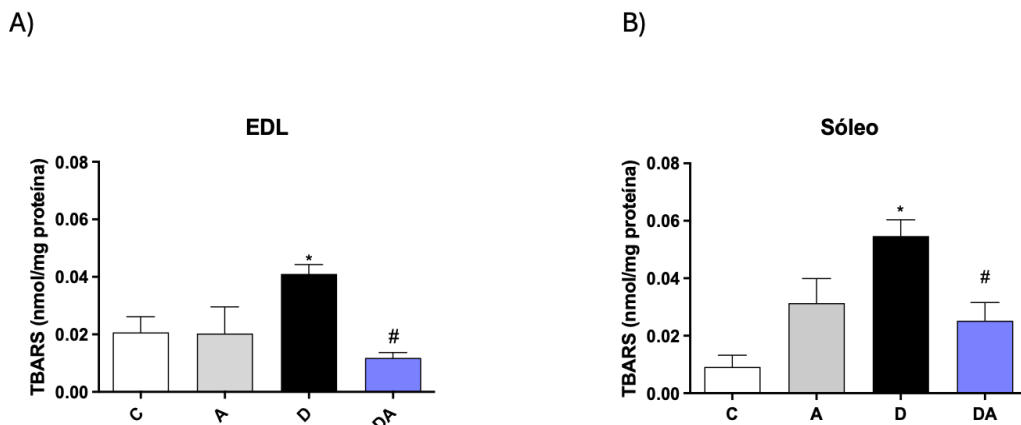


Figura 2. Efecto de la apocinina sobre los niveles de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) en (A) EDL y (B) Sóleo. Los datos se expresan como la media $\pm$ el error estándar de la media (E.E). C = grupo control; A = grupo con apocinina; D = grupo diabético; DA = grupo con diabetes + apocinina. (n = 8). $P < 0.05$ vs. grupo C. & $P < 0.05$ vs. grupo A. # $P < 0.05$ vs. Grupo D.

Se evaluó el efecto de la inhibición de la NADPH oxidasa por la apocinina sobre los niveles de glucosa en sangre en ayuno y el peso corporal (Figura 1). El grupo diabético presentó niveles

significativamente elevados de glucosa (447 ± 68.2 mg/dL) en comparación con el grupo control (73.5 ± 2.96 mg/dL; $p \leq 0.0002$), lo que confirmó el establecimiento de un modelo de diabetes experimental. Sin embargo, el grupo diabético tratado con apocinina mostró una reducción significativa en los niveles de glucosa (194.6 ± 56.25 mg/dL; $p \leq 0.01$) en comparación con el grupo diabético no tratado. En cuanto al peso corporal, las ratas diabéticas presentaron una pérdida significativa (231.7 ± 8.586 g) frente al grupo control (391.8 ± 10.68 g; $p \leq 0.0001$). Para evaluar el estrés oxidativo, se determinaron los niveles de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) como marcador de peroxidación lipídica en músculos esqueléticos. Como se muestra en la Figura 2, se observó un aumento significativo en la concentración de TBARS tanto en el músculo EDL (2A) como en el sóleo (2B) de las ratas diabéticas en comparación con el grupo control ($p < 0.002$). El tratamiento con apocinina redujo significativamente la peroxidación lipídica en un 28.8 % en el EDL ($p = 0.0001$) y en un 46.1 % en el sóleo ($p < 0.01$) del grupo diabético tratado, en comparación con el grupo diabético no tratado.

CONCLUSIONES

El presente estudio demostró que la inhibición de la enzima NOX mediante la apocinina ejerció un efecto mioprotector en las ratas diabéticas, posiblemente mediado por sus propiedades hipoglucemiantes y antioxidantes. Se observó una atenuación del estrés oxidativo, evidenciada por la disminución de la peroxidación lipídica en el músculo esquelético. Estos hallazgos sugieren un potencial terapéutico de la apocinina para prevenir el daño muscular asociado con la diabetes.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.Espino-Gonzalez E, Dalbram E, Mounier R, Gondin J, Farup J, Jessen N, Treebak JT. Impaired skeletal muscle regeneration in diabetes: From cellular and molecular mechanisms to novel treatments. *Cell Metab.* 2024;36(6):1204–1236.
- 2.Dhirani D, Shahid A, Mumtaz H. A new kind of diabetes medication approved by the FDA: Is there hope for obesity? *Int J Surg.* 2023;109(2):81–82.
- 3.Ferreira LF, Laitano O. Regulation of NADPH oxidases in skeletal muscle. *Free Radic Biol Med.* 2016; 98:18–28
- 4.Kreis T. Speckle Metrology. In: *Holographic Interferometry*. New York: Akademie Verlag Inc.; 1996. p. 125–149.
- 5.Min S, Kim OJ, Bae J, Chung TN. Effect of pretreatment with apocynin, a NADPH oxidase inhibitor, on the therapeutic efficacy of human placenta-derived mesenchymal stem cells in intracerebral hemorrhage. *Int J Mol Sci.* 2018;19(12):3679.
- 6.Yokota T, Kinugawa S, Hirabayashi K, Matsushima S, Inoue N, Ohta Y, et al. Oxidative stress in skeletal muscle impairs mitochondrial respiration and limits exercise capacity in type 2 diabetic mice. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2009;297:H1069–H1077.
- 7.Gimenes R, Gimenes C, Rosa CM, Javier NP, Campos D, Fernandez A, et al. Influence of apocynin on cardiac remodeling in streptozotocin-induced diabetic rats. *Cardiovasc Diabetol.* 2018; 17:15.
- 8.Sánchez-Duarte E, Trujillo X, Cortés-Rojo C, et al. Nicorandil improves post-fatigue tension in slow skeletal muscle fibers by modulating the redox state of glutathione. *J Bioenerg Biomembr.* 2017; 49:159–170.

EDITORAS

María Eugenia Sánchez Morales
Gloria Verónica Vázquez García
Amalia Martínez García
Cristina E. Solano Sosa
María del Socorro Hernández Montes
Laura Elena Rosales Zárate
Alexandra Monsetrrat García



ISBN TOMO VII
MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD



ISBN OBRA COMPLETA
AVANCES CIENTÍFICOS Y
TECNOLÓGICOS EN MÉXICO II



Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación

