

Josefina Altamira García y María Elena Calles Santoyo (Coord.)



SALUD Y GÉNERO

RETOS Y APORTES DESDE LA INVESTIGACIÓN

SALUD Y GÉNERO

RETOS Y APORTES DESDE LA INVESTIGACIÓN.

Josefina Altamira García y María Elena Calles Santoyo (Coord.)



Salud y Género: retos y aportes desde la investigación.

Health and Gender: Challenges and Contributions from Research

USA, Junio/June 30, 2026

© Adriana Gutiérrez-Hoya, Alberto Rossa-Sierra, Aldo Aram Hernández Aparicio, Arturo Valle-Mendiola, Beatriz García Solano, Beatriz Vázquez Cruz (en memoria), Blanca Isadora Morán Díaz, Brenda Resendiz Maldonado, Claudia Cecilia Flores Pérez, Cyndi Yacira Meneses Castaño, Cynthia Patricia Villagómez-Oviedo, David Segura Cobos, Diana Angélica Robles Dimas, Diana Esparza-Coronado, Dora Ivonne Alvarez Tamayo, Dora María Lladó Lárraga, Elizabeth Alejandrina Guzmán Hernández, Elizabeth Reyna Beltrán, Erik Sánchez Adame, Ernesto Alberto Rendón-Ochoa, Fernando Dávalos Hernández, Gabriela De León Altamira, Gabriela Durán-Aguilar, Gudelia Nájera Gutiérrez, Ignacio Uriel Macías-Paz, Isabel Soto-Cruz, Ivonne Jetzabel Carrillo Casillas, Jeny Haideé Espinosa Barajas, José Eugenio Guerra-Cárdenas, Josefina Altamira García, Josefina Guzmán Acuña, Karime Guerrero-Esquivel, Luis Eduardo Martínez-Camacho, María Claudia Morales Rodríguez, María del Carmen Lagunas-Cruz, María Reyes Altagracia González López, Osbelia Sánchez Pérez, Paola Katherine Castelan-Silva, Rosa Amelia Rosales Cinco, Sandra Milena Garay Contreras, Sara Eugenia Cruz-Morales, Sergio Octavio Contreras Padilla, Teresa de Jesús Guzmán Acuña

Cómo citar / How to cite: Altamira, J., Calles, M. (Coord.) (2026). *Salud y Género: retos y aportes desde la investigación*. High Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/saludygenero>

Thema Classification: VFDW, JBSF1

Portada / Cover: Ronald Morillo.

Diseño / Graphic design: Equipo de diseño High Rate Consulting Co

Revisión de estilo / Style review: Carlos Scarabelli

ISNI High Rate Consulting: <https://isni.org/isni/0000000492376119>

e-ISBN: 978-1-969700-18-7 | **ISBN:** 978-1-969700-19-4

High Rate Consulting, Corp. Plano, TX. USA | Phone: +1 786 566 0795 | Email: wile@higrateco.com

ESTE LIBRO HA SIDO ARBITRADO POR PARES CIEGOS Y ES PRODUCTO DE INVESTIGACIÓN.
THIS BOOK HAS BEEN REVIEWED BY DOUBLE BLIND PEERS AND IS PRODUCT OF RESEARCH.



Autores/Authors

Adriana Gutiérrez-Hoya

UNAM, México.

<https://orcid.org/0000-0003-0408-8030>
adrianagh85@hotmail.com

Alberto Rossa-Sierra

Universidad Panamericana, México.

<https://orcid.org/0000-0003-2535-4756>
lurosa@up.edu.mx

Aldo Aram Hernández Aparicio

UNAM, México.

<https://orcid.org/0009-0000-3147-7619>
aram.2110@iztacala.unam.mx

Arturo Valle-Mendiola

UNAM, México.

<https://orcid.org/0000-0001-6782-4547>
arturo.valle@zaragoza.unam.mx

Beatriz García Solano

BUAP, México.

<https://orcid.org/0000-0002-6658-6214>
bgsolano@hotmail.com

Beatriz Vázquez Cruz (en memoria)

UNAM, México.

<https://orcid.org/0009-0002-2971-3031>
bvcruz@unam.mx

Blanca Isadora Morán Díaz

UNAM, México.

<https://orcid.org/0009-0003-3145-5526>
missato77@gmail.com

Brenda Resendiz Maldonado

BUAP, México.

<https://orcid.org/0000-0001-5508-3673>
brenda.resendiz@buap.mx

Claudia Cecilia Flores Pérez

Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

<https://orcid.org/0000-0002-8638-7845>
claudiacecy.flores@uaz.edu.mx

Cyndi Yacira Meneses Castaño

Universidad de la Sabana, Colombia.

<https://orcid.org/0000-0002-9793-8374>
cyndimeca@unisabana.edu.co

Cynthia Patricia Villagómez-Oviedo

Universidad de Guanajuato, México.

<https://orcid.org/0000-0002-4175-2896>
oviedo@ugto.mx

David Segura Cobos

UNAM, México.

<https://orcid.org/0000-0002-7460-1920>
david.segura@iztacala.unam.mx

Diana Esparza-Coronado

Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

a2183310043@alumnos.uat.edu.mx

Diana Angélica Robles Dimas

Instituto Politécnico Nacional, México.

<https://orcid.org/0009-0002-4106-3588>
roblesdimasdiana@gmail.com

Dora Ivonne Alvarez Tamayo

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), México.

<https://orcid.org/0000-0001-6972-9762>
doraivonne.alvarez@upaep.mx

Dora María Lladó Lárraga

Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

<https://orcid.org/0000-0003-2368-3695>
dllado@docentes.uat.edu.mx

Elizabeth Alejandrina Guzmán Hernández

UNAM, México.

<https://orcid.org/0000-0002-2195-2700>
alejandrinaguzman456@yahoo.com.mx

Elizabeth Reyna Beltrán.

Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

<https://orcid.org/0000-0001-7896-0560>
ereyna@docentes.uat.edu.mx

Erik Sánchez Adame

Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

<https://orcid.org/0009-0003-5261-8216>
eriksanchezadame0306@gmail.com

Ernesto Alberto Rendón-Ochoa

UNAM, México.

<https://orcid.org/0000-0002-1622-2295>
biol.ernesto.rendon@gmail.com

Fernando Dávalos Hernández

Universidad Panamericana, México.

<https://orcid.org/0000-0003-1785-9770>
fdavalos@up.edu.mx

Gabriela De León Altamira

Universidad Autónoma de Tamaulipas, México

<https://orcid.org/0009-0007-7080-4353>
gabydla19.03.2000@gmail.com

Gabriela Durán-Aguilar

Universidad Panamericana, México.

<https://orcid.org/0000-0001-9009-6664>
gaduran@up.edu.mx

Gudelia Nájera Gutiérrez

BUAP, México.

<https://orcid.org/0000-0003-1586-6627>
gudenajgut@hotmail.com

Isabel Soto-Cruz

UNAM, México.

<https://orcid.org/0000-0001-5115-3654>
sotocruz@unam.mx

Ignacio Uriel Macías-Paz

Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

<https://orcid.org/0000-0002-5943-1863>
a193310066@alumnos.uat.edu.mx

Ivonne Jetzabel Carrillo Casillas

Universidad de Guadalajara, México.

<https://orcid.org/0009-0007-9907-0330>
ivonne.carrillo@academicos.udg.mx

José Eugenio Guerra-Cárdenas
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
<https://orcid.org/0000-0001-9495-024X>
jguerra@docentes.uat.edu.mx

Jeny Haideé Espinosa Barajas
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
<https://orcid.org/0000-0002-8679-5697>
jhespinoza@docentes.uat.edu.mx

Josefina Altamira García
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
<https://orcid.org/0000-0001-5486-1437>
jaltamira@docentes.uat.edu.mx

Josefina Guzmán Acuña
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
<https://orcid.org/0000-0001-7933-0560>
jguzman@docentes.uat.edu.mx

Karime Guerrero-Esquivel
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
a2181390050@alumnos.uat.edu.mx

Luis Eduardo Martínez-Camacho
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
<https://orcid.org/0000-0002-3186-873X>
a2191310015@alumnos.uat.edu.mx

María Claudia Morales Rodríguez
BUAP, México.
<https://orcid.org/0000-0001-8370-8458>
maria.morales@correo.buap.mx

María del Carmen Lagunas-Cruz
UNAM, México.
<https://orcid.org/0000-0001-8331-2971>
lagunascruzmaryc@comunidad.unam.mx

María Reyes Altagracia González López
UNAM, México.
<https://orcid.org/0009-0001-8414-3337>
maraglezlpz.5@iztacala.unam.mx

Osbelia Sánchez Pérez
BUAP, México.
<https://orcid.org/0009-0000-5023-8306>
osbelia.sanchez@alumno.buap.mx

Paola Katherine Castelan-Silva
UNAM, México.
<https://orcid.org/0009-0006-9176-7427>
katherinesilva280301@gmail.com

Rosa Amelia Rosales Cinco
Universidad de Guadalajara, México.
<https://orcid.org/0000-0003-2907-2078>
rosa.rcinco@academicos.udg.mx

Sandra Milena Garay Contreras
Fundación Escuela Colombiana de Rehabilitación, Colombia.
<https://orcid.org/0000-0002-9352-7607>
Sandra.garay@ecr.edu.co

Sara Eugenia Cruz-Morales
UNAM, México.
<https://orcid.org/0000-0001-6299-255X>
saracruz@unam.mx

Sergio Octavio Contreras Padilla
Universidad Autónoma de Zacatecas, México.
<https://orcid.org/0000-0002-5060-5820>
scontrerasp@gmail.com

Teresa de Jesús Guzmán Acuña
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
<https://orcid.org/0000-0003-4760-930X>
tjguzman@docentes.uat.edu.mx

Índice

Presentación Presentation Angélica Mendieta Ramírez	10
Introducción Introduction Josefina Altamira García y María Elena Calles Santoyo (Coord.)	12
Efectos del estrés en memoria de reconocimiento en roedores Effects of Stress on Recognition Memory in Rodents Sara Eugenia Cruz-Morales; María Reyes Altagracia González López; Ernesto Alberto Rendón-Ochoa; Aldo Aram Hernández Aparicio	17
Uso de plantas medicinales para el tratamiento del síndrome metabólico Use of medicinal plants for the treatment of metabolic syndrome Elizabeth Alejandrina Guzmán Hernández; Blanca Isadora Morán Díaz; David Segura Cobos; Beatriz Vázquez Cruz, en memoria	30
Cáncer de cérvix: red de interacciones entre el VPH, el microbioma y la inflamación Cervical cancer: A network of interactions between HPV, the microbiome, and inflammation Isabel Soto-Cruz; Paola Katherine Castelán-Silva; María del Carmen Lagunas-Cruz; Adriana Gutiérrez-Hoya; Arturo Valle-Mendiola	45
Emociones digitales: arte para la neurodivergencia Digital Emotions: Art for Neurodivergence Cynthia Patricia Villagómez-Oviedo	63
Hacia una extracción más humanizada: nura, un extractor de leche materna inteligente diseñado a partir de conocimientos psicológicos y fisiológicos Toward a More Humanized Extraction Process: Nura, an Intelligent Breast Pump Designed from Psychological and Physiological Insights Gabriela Durán-Aguilar; Fernando Dávalos Hernández; Alberto Rossa-Sierra	77
En búsqueda del bienestar emocional: análisis de rituales de consumo en línea desde un ángulo sociosemiótico In search of emotional well-being: analysis of online consumption rituals from a socio-semiotic perspective Dora Ivonne Alvarez Tamayo	89
La violencia contra la mujer en entornos digitales y el marco normativo para su atención Violence against women in digital environments and the regulatory framework for addressing it Claudia Cecilia Flores Pérez; Sergio Octavio Contreras Padilla	102
Significados asociados a colores complementarios variación en saturación y luminosidad Meanings associated with complementary colors variation in saturation and luminosity Rosa Amelia Rosales Cinco; Ivonne Jetzabel Carrillo Casillas; Diana Angélica Robles Dimas	116
Factibilidad de una intervención educativa a cuidadores para prevenir obesidad infantil Feasibility of an Educational Intervention for Caregivers to Prevent Childhood Obesity Gudelia Nájera Gutiérrez; Osbelia Sánchez Pérez; María Claudia Morales Rodríguez; Beatriz García Solano; Brenda Resendiz Maldonado	126
Diseño y desarrollo de un catéter subcutáneo para hemodiálisis a través de la vena innominada derecha Design and development of a subcutaneous catheter for hemodialysis through the right innominate vein Gabriela Durán-Aguilar; Alberto Rossa-Sierra	135

Simulación clínica y cognición situada en la formación en salud: una revisión crítica sobre su impacto pedagógico y humano Clinical simulation and situated cognition in health education: a critical review of its pedagogical and human impact	146
Cyndi Yacira Meneses Castaño; Sandra Milena Garay Contreras	
Panorama general de la candidiasis vulvovaginal Overview of Vulvovaginal Candidiasis	156
Ignacio Uriel Macías-Paz; José Eugenio Guerra-Cárdenas; Diana Esparza-Coronado; Karime Guerrero-Esquivel; Luis Eduardo Martínez-Camacho; Erik Sánchez-Adame; Elizabeth Reyna-Beltrán	
Utilidad de la Valoración Ultrasonográfica en el Manejo de la Vía Aérea Utility of Ultrasound Assessment in Airway Management	166
Josefina Altamira García; Gabriela De León Altamira	
Visibilidad y techos de cristal en investigadoras SNII del estado de Tamaulipas Visibility and Glass Ceilings Among SNII Women Researchers in the State of Tamaulipas	175
Teresa de Jesús Guzmán Acuña; Josefina Guzmán Acuña; Dora María Lladó Lárraga; Jeny Haideé Espinosa Barajas	

Resumen

Salud y Género: Retos y Aportes desde la Investigación reúne trabajos que abordan la salud desde campos disciplinares y escalas de análisis distintas, reconociendo que los procesos de bienestar, enfermedad, prevención y atención se encuentran vinculados con factores biológicos, educativos, tecnológicos, culturales y sociales. Los estudios reunidos examinan problemas que van desde el estrés y sus efectos sobre la cognición, el síndrome metabólico, el cáncer de cérvix y las infecciones vulvovaginales, hasta la prevención de la obesidad infantil, la formación de profesionales de la salud y el desarrollo de tecnologías para la atención clínica. A esta perspectiva se incorporan investigaciones sobre neurodivergencia y arte, bienestar emocional en entornos digitales, diseño de dispositivos médicos y violencia contra las mujeres en espacios virtuales. El género adquiere en este marco una doble dimensión. Por una parte, permite examinar problemas vinculados directamente con la salud y las condiciones de vida de las mujeres; por otra, abre la discusión sobre las relaciones sociales, culturales y tecnológicas que intervienen en el bienestar, el acceso a la atención y el ejercicio de derechos. La diversidad de enfoques que integra el volumen responde a una concepción de la salud que no puede explicarse únicamente desde la enfermedad ni desde una sola disciplina. Sus capítulos ponen en relación investigación básica y aplicada, educación, tecnología, diseño y ciencias sociales, y muestran distintas formas de producir conocimiento para comprender problemas de salud, mejorar procesos de atención y ampliar las posibilidades de prevención e intervención. Derivado del VI Congreso de Investigadoras del SNII y de Iberoamérica, este libro da cuenta de una producción científica en la que las mujeres participan en la formulación de problemas, el desarrollo de investigación, la innovación tecnológica y la construcción de respuestas frente a desafíos actuales de la salud.

Palabras clave: salud, género, bienestar, prevención, salud de las mujeres, educación en salud, tecnologías para la salud, neurodivergencia, bienestar emocional, dispositivos médicos, violencia contra las mujeres, innovación tecnológica, investigación interdisciplinaria, atención clínica, Iberoamérica.

Abstract

Health and Gender: Challenges and Contributions from Research brings together studies that address health from different disciplinary fields and scales of analysis, recognizing that processes related to well-being, illness, prevention, and care are linked to biological, educational, technological, cultural, and social factors. The studies included examine issues ranging from stress and its effects on cognition, metabolic syndrome, cervical cancer, and vulvovaginal infections to the prevention of childhood obesity, the training of health professionals, and the development of technologies for clinical care. This perspective is further enriched by research on neurodivergence and art, emotional well-being in digital environments, the design of medical devices, and violence against women in virtual spaces. Within this framework, gender takes on a dual dimension. On the one hand, it provides a lens through which to examine issues directly related to women's health and living conditions; on the other, it opens discussion on the social, cultural, and technological relationships that influence well-being, access to care, and the exercise of rights. The diversity of approaches integrated into this volume reflects a conception of health that cannot be explained solely through disease or from the perspective of a single discipline. Its chapters bring together basic and applied research, education, technology, design, and the social sciences, illustrating different ways of producing knowledge to understand health-related problems, improve care processes, and expand opportunities for prevention and intervention. Derived from the VI Congress of Women Researchers of the SNII and Ibero-America, this book reflects a body of scientific work in which women participate in defining research problems, conducting research, advancing technological innovation, and developing responses to current health challenges.

Keywords: health, gender, well-being, prevention, women's health, health education, health technologies, neurodivergence, emotional well-being, medical devices, violence against women, technological innovation, interdisciplinary research, clinical care, Ibero-America.

Presentación/Presentation

Angélica Mendieta Ramírez

Presidenta de la Red Internacional de Mujeres Científicas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9344-8653>

Hablar de salud es hablar de la vida cotidiana. De aquello que ocurre en el cuerpo, pero también de lo que sucede en la familia, en la comunidad, en los espacios de trabajo, en las aulas y, cada vez con mayor frecuencia, en los entornos digitales. La salud no puede entenderse únicamente como la ausencia de una enfermedad. Está relacionada con las condiciones en las que vivimos, con nuestras posibilidades de acceso a la atención, con la cultura, con las emociones y con las decisiones que tomamos, pero también con aquellas que otros toman sobre nuestras vidas.

Mirar estos procesos desde la perspectiva de género permite hacer visibles diferencias que durante mucho tiempo permanecieron al margen de la investigación. No todas las personas viven la enfermedad de la misma manera, ni tienen las mismas posibilidades para prevenirla, atenderla o recuperarse. Detrás de estas diferencias existen historias, condiciones sociales y culturales y, en muchos casos, desigualdades que es necesario reconocer para poder transformarlas.

Desde esta preocupación surge *Salud y Género: Retos y Aportes desde la Investigación*, una obra que reúne investigaciones diversas, pero unidas por una convicción: los problemas relacionados con la salud difícilmente pueden explicarse desde una sola disciplina. Se requiere mirar, preguntar y contrastar entre distintos campos del conocimiento. Esa es, precisamente, una de las fortalezas de este libro.

Al recorrer sus páginas, el lector encontrará estudios experimentales sobre los efectos del estrés y la memoria; investigaciones relacionadas con plantas medicinales y síndrome metabólico; trabajos sobre cáncer de cérvix, candidiasis vulvovaginal e insuficiencia renal; propuestas para el diseño de dispositivos médicos; experiencias de simulación clínica y ultrasonografía, así como investigaciones orientadas a la prevención de la obesidad infantil. Junto a estos temas aparecen otros que, a primera vista, podrían parecer alejados de la investigación en salud: el arte electrónico, la neurodivergencia, los rituales de consumo asociados con el bienestar emocional, los significados culturales del color y la violencia que enfrentan las mujeres en los espacios digitales.

Precisamente ahí se encuentra una de las riquezas de esta obra. La salud está presente en muchos lugares y adopta formas distintas. Está en el laboratorio y en el hospital, pero también en la casa, en la escuela, en las relaciones personales, en las prácticas culturales y en las tecnologías que utilizamos todos los días. Tiene una dimensión biológica que resulta fundamental, pero no se agota en ella. También es social, emocional, cultural y simbólica.

La investigación contemporánea tiene frente a sí el desafío de mirar todas estas dimensiones sin perder de vista aquello que las conecta. Y hacerlo desde una perspectiva de género implica, además, preguntarnos por las condiciones en las que se produce el conocimiento. ¿Qué problemas se consideran prioritarios? ¿Desde qué perspectivas? ¿Quiénes participan en la generación del conocimiento y quiénes reciben sus beneficios? Son preguntas que no siempre tienen respuestas sencillas, pero que resultan necesarias.

La ciencia adquiere una dimensión especialmente valiosa cuando logra establecer un vínculo con las necesidades de las personas. Una investigación sobre obesidad infantil puede aportar elementos para fortalecer el trabajo de las familias y las escuelas. El desarrollo de un dispositivo médico puede facilitar la atención de quienes requieren determinados tratamientos. Una herramienta para valorar la vía aérea puede contribuir a mejorar la seguridad del paciente. El

estudio de la violencia digital puede ayudar a comprender y enfrentar prácticas que limitan la participación de las mujeres. En todos estos ejemplos existe algo en común, el conocimiento deja de ser un resultado aislado y se convierte en una posibilidad de intervención.

Hablar de mujeres en la ciencia también significa hablar de las condiciones que han hecho posible su participación y de los obstáculos que todavía persisten. Durante mucho tiempo, la producción científica de las mujeres fue poco visible, cuando no directamente ignorada. Hoy existe una mayor presencia femenina en numerosos espacios de investigación, pero la igualdad todavía no puede darse por alcanzada.

Al mismo tiempo, la investigación en salud se desarrolla en medio de cambios que avanzan con rapidez. Las nuevas tecnologías están modificando la manera en que trabajamos, nos comunicamos y atendemos distintos problemas, mientras que la relación entre disciplinas es cada vez más necesaria. Frente a este escenario, no basta con incorporar herramientas nuevas. También necesitamos preguntarnos cómo se utilizan, a quiénes benefician y qué efectos tienen en la vida de las personas. La investigación en salud debe mantener, por encima de todo, esa cercanía con las necesidades humanas. La innovación no puede separarse de la responsabilidad social; la tecnología debe considerar a las personas y las decisiones relacionadas con la salud deben tomar en cuenta las diferencias que existen entre quienes integran nuestras sociedades.

Salud y Género: Retos y Aportes desde la Investigación es, en ese sentido, una invitación a ampliar la mirada. No pretende ofrecer una única respuesta frente a los desafíos de la salud, porque la realidad tampoco tiene una sola respuesta.

Espero que las páginas de este libro encuentren lectores dispuestos no solamente a conocer sus resultados, sino también a dejarse interpelar por las preguntas que cada investigación plantea. Que contribuya al diálogo entre disciplinas, que permita visibilizar el trabajo de las mujeres en la ciencia y que, sobre todo, nos recuerde que investigar tiene sentido cuando el conocimiento puede contribuir a comprender mejor nuestra realidad y a construir condiciones de vida más dignas.

Porque detrás de cada dato hay una historia; detrás de cada diagnóstico, una persona; detrás de cada dispositivo, una necesidad; y detrás de cada resultado de investigación existe la posibilidad de generar un cambio. Esa es una de las razones por las que la ciencia importa.

Introducción/Introduction

Josefina Altamira García y María Elena Calles Santoyo (Coord.)

El presente libro, *Salud y Género: Retos y Aportes desde la Investigación*, surge como una recopilación de los trabajos de investigación más destacados presentados en el Congreso de Investigación de Mujeres SNII. La obra constituye un espacio de diálogo interdisciplinario donde confluyen diversas miradas, desde la neurociencia y la biomedicina hasta el diseño, la sociosemiótica y el derecho, en torno a un eje común: la comprensión de la salud como un fenómeno multidimensional atravesado por las dinámicas de género, la tecnología, la cultura y la desigualdad social.

Los capítulos que integran este volumen abordan problemáticas de salud pública de alta relevancia, como la obesidad infantil, el cáncer de cérvix, la candidiasis vulvovaginal y la insuficiencia renal, pero también exploran dimensiones menos convencionales como el impacto del estrés en la cognición, el potencial terapéutico del arte electrónico para personas neurodivergentes, la humanización de dispositivos médicos, y los desafíos de la violencia digital contra las mujeres. Esta diversidad temática refleja la complejidad de los determinantes sociales de la salud y la necesidad de enfoques integradores que trasciendan las fronteras disciplinares.

Cada capítulo no solo presenta hallazgos empíricos y avances técnicos, sino que también propone nuevas preguntas y horizontes de acción, contribuyendo a la construcción de un conocimiento situado y comprometido con la transformación social. El libro se dirige tanto a investigadores, docentes y estudiantes de ciencias de la salud, como a profesionales del diseño, la comunicación y las ciencias sociales interesados en la intersección entre salud, género y tecnología.

A continuación, se presentan las introducciones a cada uno de los trabajos que componen esta obra, con el propósito de orientar al lector sobre sus objetivos, enfoques y principales contribuciones.

El capítulo titulado *Efectos del estrés en memoria de reconocimiento en roedores*, aborda la relación entre el estrés agudo y el deterioro de la memoria declarativa, un tema de creciente interés en neurociencia debido a las implicaciones que tiene para la salud mental en contextos de alta exigencia psicosocial. A través de un modelo experimental con roedores, se analiza el papel de los glucocorticoides, específicamente la corticosterona en los procesos de memoria de reconocimiento de objetos. Los hallazgos demuestran que tanto la restricción de movimiento como la administración exógena de corticosterona inducen amnesia, mientras que la adrenalectomía y el uso de inhibidores de la síntesis de glucocorticoides permiten identificar efectos dosis-dependientes. El capítulo contribuye a dilucidar los mecanismos neuroendocrinos que subyacen al impacto del estrés sobre la cognición y la ansiedad, ofreciendo bases para futuras investigaciones traslacionales en salud mental.

El capítulo *Uso de plantas medicinales para el tratamiento del síndrome metabólico*, ofrece una revisión sistemática sobre el potencial terapéutico de las plantas medicinales en el manejo del síndrome metabólico, una condición multifactorial que constituye un desafío prioritario para la salud pública global. Se identifican 39 especies vegetales con efectos validados en modelos preclínicos y clínicos sobre factores de riesgo como hipertensión, dislipidemia, obesidad y diabetes mellitus tipo 2. El análisis destaca la importancia de integrar el conocimiento etnobotánico con la farmacología experimental, y subraya el papel de los metabolitos secundarios en mecanismos de acción como la inhibición de la enzima convertidora de angiotensina, el bloqueo de canales de calcio y la modulación del metabolismo lipídico. El trabajo propone a las plantas medicinales

como coadyuvantes terapéuticos accesibles y seguros, abriendo líneas de investigación para el desarrollo de fitofármacos en contextos de recursos limitados.

En el capítulo *Cáncer de cérvix: red de interacciones entre el VPH, el microbioma y la inflamación*, se analiza la compleja red de interacciones que subyace al desarrollo del cáncer de cérvix, una neoplasia que representa un grave problema de salud pública en México y el mundo. Partiendo de la premisa de que la infección por VPH de alto riesgo es necesaria pero no suficiente, se exploran los roles del microbioma cervicovaginal y la inflamación crónica como factores moduladores de la carcinogénesis. La revisión evidencia que la disbiosis vaginal, caracterizada por la pérdida de especies protectoras de *Lactobacillus* y el incremento de bacterias anaerobias, promueve un microambiente proinflamatorio que potencia la expresión de las oncoproteínas virales E6 y E7. El capítulo concluye que el estudio del microbioma abre nuevas oportunidades para el desarrollo de biomarcadores de detección temprana y estrategias terapéuticas que modulen el microambiente tumoral, representando un cambio de paradigma en la comprensión de la enfermedad.

El capítulo *Emociones digitales: arte para la neurodivergencia*, explora la intersección entre arte electrónico, neurociencia afectiva y neurodiversidad, proponiendo un modelo de inducción emocional aplicado a obras interactivas. Se analizan instalaciones de artistas mexicanos que emplean tecnologías como biofeedback, sensores y realidad virtual para evocar emociones básicas (alegría, calma, miedo) y se argumenta que estas experiencias inmersivas pueden tener un potencial terapéutico para personas con autismo grado I, ayudándoles a mejorar su intercepción y regulación emocional. El trabajo aboga por una mayor inclusión de comunidades neurodivergentes en la creación artística y propone el desarrollo de proyectos como *Bubble Rooms-Lab*, entornos virtuales personalizables que ofrecen espacios sensoriales seguros. El capítulo constituye una contribución pionera al diálogo entre arte, tecnología y salud mental desde una perspectiva de derechos y diversidad.

El capítulo *Hacia una extracción más humanizada: nura, un extractor de leche materna inteligente diseñado a partir de conocimientos psicológicos y fisiológicos*, presenta el diseño y desarrollo de un extractor de leche materna bioinspirado, denominado “Nura”, que integra conocimientos de psicología, fisiología y diseño centrado en el usuario para humanizar la experiencia de extracción. A diferencia de los dispositivos convencionales, el prototipo incorpora elementos de calefacción y masaje que imitan los movimientos de succión del recién nacido, una brida rediseñada para una integración discreta en el sujetador, y una aplicación móvil que permite personalizar los modos de extracción. Los hallazgos de las pruebas con usuarias confirman la viabilidad técnica, el confort y la efectividad del dispositivo. El trabajo representa un avance significativo hacia la conciliación entre la lactancia materna y la vida laboral, abordando no solo la eficiencia, sino también el bienestar emocional de las madres.

El capítulo *En búsqueda del bienestar emocional: análisis de rituales de consumo en línea desde un ángulo sociosemiótico*, examina, desde una perspectiva socio-semiótica y de marketing semiótico, los rituales de consumo de servicios de bienestar emocional ofertados en plataformas digitales. A través del análisis de contenido de discursos de consumidores, prestadores de servicios, especialistas y agencias de marketing, se identifican las estructuras narrativas y las tensiones semánticas que subyacen a estos rituales. El estudio revela que la oferta se construye alrededor de la creación de comunidades virtuales y el uso de contenido gratuito para generar *engagement*, y que la confianza y la conexión empática son factores decisivos en la toma de decisiones de compra. El capítulo concluye que los rituales de consumo —como la participación en comunidades o la repetición de prácticas de meditación— funcionan como estrategias para compensar el desequilibrio emocional, contribuyendo a la construcción de identidades y sentidos de pertenencia en el entorno virtual.

El capítulo *La violencia contra la mujer en entornos digitales y el marco normativo para su atención*, aborda la violencia contra la mujer en entornos digitales, un fenómeno que se ha intensificado con la virtualización de la esfera pública, limitando la participación femenina y el ejercicio de la libertad de expresión. Se analizan los mecanismos de protección existentes en México, evaluando los alcances y brechas de la normatividad de plataformas digitales (Facebook, X, Instagram y TikTok) frente al marco legal del Estado mexicano, incluyendo la “Ley Olimpia”. Los hallazgos revelan una desconexión significativa entre la autorregulación corporativa y la legislación nacional, especialmente en la tipificación de la violencia mediática y la responsabilidad de las personas morales. El capítulo propone recomendaciones orientadas al fortalecimiento de estrategias de comunicación, alfabetización digital y empoderamiento femenino, subrayando la necesidad de una respuesta coordinada para garantizar entornos digitales más seguros y equitativos.

El capítulo *Significados asociados a colores complementarios: variación en saturación y luminosidad*, investiga la asociación de significados atribuidos a los colores complementarios (amarillo, rojo, azul, verde, naranja y morado) variando su saturación y luminosidad, sin referencia a objetos específicos. A partir de una muestra de la población mexicana, los resultados demuestran que las atribuciones no son estáticas, sino que varían en función de las propiedades intrínsecas del color y del contexto sociocultural. Por ejemplo, el amarillo se asoció con “alegría” o “energía”, pero también con “debilidad” y “precaución” dependiendo de su saturación y luminosidad; el morado, por su parte, varió entre “inocencia”, “belleza”, “feminidad”, “miedo” y “religiosidad”. El estudio proporciona una base empírica valiosa para diseñadores, publicistas y profesionales de la comunicación visual, destacando la importancia de considerar las variaciones cromáticas para lograr una comunicación efectiva y culturalmente pertinente.

El capítulo *Factibilidad de una intervención educativa a cuidadores para prevenir obesidad infantil*, evalúa la factibilidad técnica, operativa y económica de una intervención educativa dirigida a cuidadores de niños en edad preescolar en un plantel público del estado de Puebla, México. La intervención, de cinco sesiones presenciales, logró una permanencia del 65.8% de los participantes, demostrando un alto nivel de aceptación y viabilidad en el entorno escolar. El costo total de implementación fue accesible (2,160 MXN), lo que confirma que se trata de una estrategia replicable en contextos con recursos limitados. Los hallazgos subrayan que el fortalecimiento del conocimiento de los cuidadores a través de programas breves y de bajo costo es una estrategia viable y prometedora para combatir la obesidad infantil desde el hogar y la escuela, destacando el rol del profesional de enfermería como educador en salud.

El capítulo *Diseño y desarrollo de un catéter subcutáneo para hemodiálisis a través de la vena innominada derecha*, presenta el diseño y desarrollo de un innovador catéter subcutáneo para hemodiálisis que busca reducir la alta incidencia de complicaciones infecciosas asociadas a los accesos vasculares convencionales. Aplicando una metodología de diseño “Double Diamond”, se desarrollaron prototipos con impresión 3D utilizando materiales biocompatibles (Eastman Tritan™, PEEK). El diseño final presenta un puerto subcutáneo que facilita la punción y está bioinspirado en la curvatura de la vena subclavia para optimizar el flujo sanguíneo y minimizar la trombosis. El diseño se validó mediante simulaciones de dinámica de fluidos computacional, que demostraron un flujo hemodinámicamente favorable. El trabajo constituye un avance significativo hacia el desarrollo de un acceso vascular más seguro, estable y de larga duración, con el potencial de mejorar significativamente la calidad de vida de los pacientes en hemodiálisis.

El capítulo *Simulación clínica y cognición situada en la formación en salud: una revisión crítica sobre su impacto pedagógico y humano*, ofrece una revisión crítica sobre la integración de la simulación clínica y la cognición situada en la for-

mación de profesionales de la salud, argumentando que esta articulación potencia el desarrollo de habilidades tanto técnicas (toma de decisiones, manejo de la incertidumbre) como humanas (empatía, comunicación, trabajo en equipo). La revisión de la literatura evidencia que los escenarios de alta fidelidad tienen un impacto más fuerte en la preparación para situaciones complejas, mientras que los de media y baja fidelidad son efectivos para competencias básicas. El capítulo también identifica desafíos estructurales, como el alto costo de los simuladores y la necesidad de capacitación docente especializada, y concluye que es imperativo promover reformas curriculares que reconozcan el valor tanto técnico como humano de la simulación para reducir la brecha entre la teoría y la práctica clínica.

El capítulo *Panorama general de la candidiasis vulvovaginal*, ofrece una revisión actualizada sobre la candidiasis vulvovaginal, una de las infecciones ginecológicas más prevalentes a nivel mundial. Se describe el panorama epidemiológico, las manifestaciones clínicas, los métodos diagnósticos y las alternativas terapéuticas disponibles, destacando que, aunque *Candida albicans* sigue siendo el principal agente etiológico, las especies no-*albicans* han incrementado su relevancia clínica debido a su asociación con resistencia antifúngica. El capítulo subraya el papel fundamental de la microbiota vaginal dominada por *Lactobacillus* como barrera defensiva y explora el potencial de los probióticos como terapia complementaria para reducir la recurrencia. Se concluye que el manejo efectivo de la enfermedad requiere un enfoque multifactorial e individualizado que, más allá del tratamiento farmacológico, busque preservar el equilibrio del ecosistema vaginal.

El capítulo *Utilidad de la Valoración Ultrasonográfica en el Manejo de la Vía Aérea*, analiza la utilidad de la ultrasonografía (POCUS) como herramienta complementaria para la evaluación y el manejo de la vía aérea, una competencia crítica en anestesiología, medicina de urgencias y cuidados intensivos. Ante las limitaciones de los predictores clínicos tradicionales (como la escala de Mallampati), la ecografía ofrece una valoración rápida, no invasiva y reproducible de la anatomía de la vía aérea, facilitando la predicción de intubación difícil, la confirmación de la correcta colocación del tubo endotraqueal, la guía para procedimientos invasivos y la identificación de estructuras anatómicas relevantes. El capítulo describe los principios físicos del ultrasonido, la técnica de exploración y las principales aplicaciones clínicas, concluyendo que la valoración ultrasonográfica representa una herramienta prometedora para mejorar la seguridad del paciente, aunque su implementación requiere capacitación especializada y mayor evidencia clínica que permita estandarizar su uso.

El Capítulo *Visibilidad y techos de cristal en investigadoras SNII del estado de Tamaulipas*, analiza la producción académica, la visibilidad y las barreras que inciden en las trayectorias de 98 mujeres integrantes del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores en la entidad. A partir de un enfoque cuantitativo, el estudio identifica una producción científica sostenida que contrasta con obstáculos relacionados con la sobrecarga laboral, las responsabilidades de cuidado, la limitada participación en redes de apoyo y la subvaloración de los méritos académicos. Los resultados muestran que el 71% de las investigadoras ha ocupado algún cargo de liderazgo; sin embargo, su participación se concentra principalmente en la coordinación y la responsabilidad técnica de proyectos, mientras que el acceso a puestos de dirección es menor. Asimismo, el 55% considera que su trabajo tiene poca visibilidad fuera de su institución y el 60% señala haber requerido un mayor esfuerzo que sus colegas hombres para alcanzar logros académicos equivalentes. El capítulo concluye que la productividad científica y la participación en funciones de liderazgo no eliminan las barreras asociadas al techo de cristal, por lo que plantea la necesidad de revisar las condiciones institucionales que intervienen en el reconocimiento, la visibilidad y el acceso de las investigadoras a espacios de decisión.

Efectos del estrés en memoria de reconocimiento en roedores

Sara Eugenia Cruz-Morales¹; María Reyes Altagracia González López²; Ernesto Alberto Rendón-Ochoa³; Aldo Aram Hernández Aparicio⁴

Resumen

El estrés afecta la salud, la memoria (declarativa y procedimental), provoca ansiedad y libera glucocorticoides (GC) [corticosterona (C)], hormona que modula la actividad de neurotransmisores y circuitos; utilizar inhibidores de su síntesis, metirapona (MET) o adrenalectomía (ADX), son fundamentales para estudiarlo. La administración de C y estrés por restricción (R) preentrenamiento indujo amnesia, que se revirtió por antagonista de C. La tarea de reconocimiento de objetos (RO) evalúa memoria declarativa, basada en la discriminación de objetos novedosos (ON) sobre familiares (OF). **Objetivo.** Estudiar el efecto de la R o C 5 mg/kg ip preentrenamiento sobre memoria y ansiedad en roedores con y sin ADX en RO. Se asignaron aleatoriamente ocho grupos de ratas macho Wistar (n = 8) entrenados en RO: 4 grupos sin ADX, RO (control), dos grupos con 15 min de R y C 5 mg/kg ip preentrenamiento, y un grupo con 35 mg/kg de MET ip; 4 grupos con ADX: RO y tres con 1, 3 o 5 mg/kg ip C preentrenamiento. **Sujetos sin ADX:** R y C 5 mg mostraron amnesia; C provocó ansiedad. La ADX y ADX + 1 mg C deterioraron la memoria; 3 y 5 mg no indujeron amnesia y aumentaron la ansiedad. Los GC afectaron la memoria, pero otros mecanismos y hormonas deben considerarse; sin embargo, estos estudios deben de profundizarse por el impacto sobre la salud. **Hallazgos.** Demostramos que RO es sensible al estrés preentrenamiento por R o C. **Conclusiones.** La ADX muestra que la C inyectada o liberada (R) preentrenamiento provocó deterioro de memoria en RO, efecto dependiente de la dosis.

Palabras clave: estrés, glucocorticoides, memoria de reconocimiento, ansiedad, adrenalectomía.

Cómo citar: Cruz-Morales, S., González, M., Rendón-Ochoa, E., Hernández, A. (2026). Efectos del estrés en memoria de reconocimiento en roedores. En Altamira, J., Calles, M. (Coord.) (2026). *Salud y Género: retos y aportes desde la investigación*. High Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/salud-ygenero1>

1. <https://orcid.org/0000-0001-6299-255X>, saracruz@unam.mx | Psicofarmacología UIICSE, División de Investigación y Posgrado, FES-Iztacala, UNAM. México.

2. <https://orcid.org/0009-0001-8414-3337>, maraglezlpz.5@iztacala.unam.mx | Psicofarmacología UIICSE, División de Investigación y Posgrado, FES-Iztacala, UNAM. México.

3. <https://orcid.org/0000-0002-1622-2295>, biol.ernesto.rendon@gmail.com | Psicofarmacología UIICSE, División de Investigación y Posgrado, FES-Iztacala, UNAM. México.

4. <https://orcid.org/0009-0000-3147-7619>, aram.2110@iztacala.unam.mx | Psicofarmacología UIICSE, División de Investigación y Posgrado, FES-Iztacala, UNAM. México.

Effects of Stress on Recognition Memory in Rodents

Abstract

Stress affects health and memory (declarative and procedural), induces anxiety, and releases glucocorticoids (GC) [corticosterone (C)], a hormone that modulates the activity of neurotransmitters and circuits; the use of synthesis inhibitors, metyrapone (MET), or adrenalectomy (ADX), is essential to study it. Administration of C and pretraining restraint stress (R) induced amnesia, which was reversed by a C antagonist. The object recognition (OR) task assesses declarative memory, based on the discrimination of novel objects (NO) over familiar objects (FO). Objective. To study the effect of pretraining R or C 5 mg/kg ip on memory and anxiety in rodents with and without ADX in the OR task. Eight groups of male Wistar rats ($n = 8$) trained in OR were randomly assigned: 4 groups without ADX, OR (control), two groups with 15 min of R and C 5 mg/kg ip pretraining, and one group with 35 mg/kg of MET ip; 4 groups with ADX: OR and three with 1, 3, or 5 mg/kg ip C pretraining. Subjects without ADX: R and C 5 mg showed amnesia; C induced anxiety. ADX and ADX + 1 mg C impaired memory; 3 and 5 mg did not induce amnesia and increased anxiety. GC affected memory, but other mechanisms and hormones must be considered; however, these studies must be further explored due to their impact on health. Findings. We demonstrated that OR is sensitive to pretraining stress by R or C. Conclusions. ADX shows that injected or released C (R) pretraining caused memory impairment in OR, a dose-dependent effect.

Keywords: stress; glucocorticoids; recognition memory; anxiety; adrenalectomy.

Introducción

El estrés es una respuesta adaptativa que ayuda a enfrentar diferentes retos; no obstante, también puede impactar a la salud en general. Los efectos sobre la salud pueden incluir desde problemas de atención, memoria, depresión y ansiedad hasta dolor crónico y problemas cardiovasculares (Ketchesin *et al.*, 2017), gastrointestinales (Konturek *et al.*, 2011), entre otros. Sapolsky (2019) menciona que, como resultado de la exposición al estrés, los organismos se adaptan y responden para afrontar las demandas que se presentan.

En ambientes naturales, los organismos no humanos responden a estresores agudos, como el ataque de un depredador, lo que les permite implementar las respuestas de huida o lucha y aprender de la experiencia para, más adelante, recordar y dar una respuesta apropiada. Sin embargo, en la vida moderna los humanos no solo enfrentan estresores agudos, sino que también están expuestos a condiciones crónicas de estrés, por ejemplo, a nivel laboral, familiar, en el transporte, ante enfermedades y en contextos sociales, etc. Situaciones

estresantes pueden mejorar la memoria, pero, si la intensidad de la experiencia estresante es de gran magnitud, puede producir deterioro en la memoria.

La memoria permite registrar, almacenar y recuperar información; asimismo, se compone de diferentes fases: la adquisición, consolidación y recuperación de información.

Ahora bien, dependiendo del tiempo que dura la información, la memoria puede ser sensorial, por periodos muy breves; de corto plazo, que consiste en almacenamiento temporal de información activa; y memoria de largo plazo, que implica almacenamiento más duradero. La memoria de largo plazo se subdivide en tres tipos de memoria, en función del tipo de información: memoria declarativa o explícita, que implica la recuperación consciente de la información; memoria procedimental, implícita o no declarativa, que implica información de tipo motor, como hábitos y habilidades que se recuperan en forma inconsciente y automática; y la memoria de tipo emocional, vin-

culada con experiencias emocionales y que, por tanto, perduran en el tiempo.

Memoria declarativa y reconocimiento de objetos

La memoria declarativa incluye dos subtipos: la memoria episódica, relacionada con eventos específicos, y la memoria semántica, relacionada con conocimiento del mundo y significado del lenguaje. Una de las tareas comúnmente utilizadas para evaluar habilidades cognitivas, como la memoria, en animales y humanos es la tarea de reconocimiento de objetos (RO). Esta se emplea tanto en investigaciones clínicas como neurobiológicas y moleculares; considera diferentes factores, como la novedad, la ubicación y el contexto (Becegado & Silva, 2022).

En el estudio de la memoria declarativa en animales se emplean diferentes tareas, como el laberinto de Morris y la propia tarea de RO. Se han desarrollado diversas versiones de esta última; las más usadas son la de reconocimiento de objeto novedoso (basada en la preferencia por la novedad), la versión de reconocimiento de lugar y la de reconocimiento del objeto en el lugar (Becegado & Silva, 2022). Por su parte, Antunes y Biala (2012) han revisado las modificaciones metodológicas de esta tarea en diversos estudios.

Generalmente, la tarea de RO consiste de tres fases: la fase de habituación, la fase de familiarización y la fase de prueba. Durante la fase de habituación, cada sujeto se coloca en el aparato de reconocimiento sin objetos, permitiéndole la exploración. Posteriormente, es regresado a su caja de alojamiento, con intervalos variables entre la habituación y el entrenamiento. En la fase de familiarización, cada sujeto se coloca en la caja de reconocimiento con dos objetos idénticos durante un tiempo determinado y orientado hacia la pared, del lado opuesto, de espaldas a los objetos, y se le permite realizar exploración durante un tiempo establecido. En la fase de prueba, el animal se coloca nuevamente en la caja de reconocimiento con un objeto familiar (OF), similar al objeto muestra, y el otro es un objeto nuevo (ON); la localización de los ON y OF es contrabalanceada para controlar sesgos de preferencia espacial.

Para evaluar la memoria de reconocimiento se mide el tiempo de exploración a los OF durante el día del entrenamiento. En la fase de prueba, las medidas más comunes son el tiempo de exploración al ON y al OF, así como la determinación de un Índice de Discriminación (ID).

Una fórmula típica de cómo se pueden expresar los resultados de forma porcentual es:

$$ID = (TN) / (TN + TF) * 100 \text{ (Janthakhim et al., 2022),}$$

donde:

TN = tiempo que el sujeto explora el objeto novedoso

TF = tiempo que el sujeto explora el objeto familiar

La interpretación de un ID superior al 50 % indica preferencia por la exploración al ON y, por debajo del 50 %, preferencia por el OF.

El reconocimiento es influenciado por el intervalo entre el tiempo de exploración del ON y el OF, así como por el tiempo permitido para que las ratas exploren los objetos durante el primer ensayo.

No obstante, durante la ejecución de RO también se pueden evaluar otras conductas, como la actividad motora, determinada por el desplazamiento sobre el campo abierto, en la periferia y en la parte central (Choleris *et al.*, 2001; Pisula, 1994), cuantificando el número de cruces de las líneas marcadas en el piso (Pruet & Belzung, 2003).

Por las características de un campo abierto que tienen las cajas de RO, es posible evaluar respuestas relacionadas con la ansiedad en diferentes momentos: durante la fase de habituación, cuando se realiza el ensayo muestra y durante el ensayo de prueba. Algunas de las conductas etológicas que se consideran son: el acicalamiento (grooming), comportamiento caracterizado por asear o limpiar la cara o alguna parte del cuerpo con las patas delanteras; la conducta de alzadas (rearing), caracterizada por elevarse sobre las patas traseras para explorar (Carola *et al.*, 2002; Choleris *et al.*, 2001; Lamprea *et al.*, 2008; Pisula, 1994; Pruet & Belzung, 2003); así como la tigmotaxia, que es la tendencia de los animales a mantenerse en contacto con superficies buscando seguridad; en el campo abierto es equivalente a la conducta de preferencia de caminar en la periferia del aparato que en la parte central (Carola *et al.*, 2002; Choleris *et al.*, 2001; Lamprea *et al.*, 2008; Ohl, 2003; Pruet & Belzung, 2003); la evaluación de riesgo, que se refiere a cuando los sujetos se estiran y olfatean para obtener información de estímulos que pueden ser amenazantes; evitación de áreas no protegidas o el olfateo (sniffing) (Ohl, 2003).

Efectos del estrés sobre la memoria

Los organismos, en general, están expuestos a un rango muy amplio de estímulos estresantes ambientales o internos, lo cual conduce al desarrollo de una amplia variedad de respuestas adaptativas y homeostáticas ante esos estímulos (Sapolsky, 2019). El estrés se ha definido de diversas maneras; en el ámbito médico, una de las primeras menciones fue la de Hans Selye (1946), quien lo definió como respuesta de defensa del organismo ante amenazas que alteran el equilibrio. Recientemente se le ha considerado una amenaza real o percibida a la integridad fisiológica de un individuo que tiene como consecuencia respuestas fisiológicas y conductuales (McEwen & Akil, 2020). El estrés puede ser agudo o crónico. A los estímulos que inducen estrés se les llama estresores, y estos pueden ser externos o internos; se clasifican en estresores físicos (temperaturas extremas frías o calientes, ruido, hacinamiento, inmovilización, etc.); psicológicos (separación, cambios de contexto, hablar en público); sociales (estatus socioeconómico y social, presencia de un depredador), o estresores que alteran la homeostasis (traumatismo, hemorragia, enfermedad) (Pacák & Palkovits, 2001).

A su vez, Fenoglio *et al.* (2006) distinguen la naturaleza del estresor y reportan que los estresores físicos actúan en las regiones del tronco encefálico e hipotalámicas, y los estresores psicológicos activan principalmente la amígdala y la corteza prefrontal. El estrés agudo provoca un rápido aumento de la neurotransmisión, la activación neuronal y la liberación de hormonas, seguido por un rápido retorno a los niveles basales. El estrés crónico (> 1 semana) provoca cambios sostenidos y/o progresivos en la expresión de genes, alteraciones estructurales en las neuronas y cambios en los patrones de activación neuronal en todo el cerebro (Joëls & Baram, 2009; McEwen & Akil, 2020).

La exposición a estrés agudo activa el eje hipotálamo-hipofisiario-adrenal (HPA); esta respuesta provoca aumento de corticosterona (C) plasmática en los roedores. La respuesta se inicia en el núcleo paraventricular del hipotálamo e induce la liberación de la hormona liberadora de corticotrofina, que a su vez estimula la liberación de la hormona adrenocorticotrópica de la adenohipófisis, originando la secreción de corticoesteroides y otros glucocorticoides (GC) de la corteza adrenal. Los GC modulan el eje HPA por respuestas de retroalimentación negativa al actuar en los receptores a GC y mineralocorticoides (MC) en las diversas regiones del cerebro (Sze *et al.*, 2018).

El estrés, al activar el eje HPA e inducir la li-

beración de GC, afecta los procesos de memoria (De Quervain *et al.*, 2009; Herman *et al.*, 2016; Hidalgo *et al.*, 2019; Joëls & Baram, 2009; Ness & Calabrese, 2016; Wolf, 2016); además de estos cambios, hay otros asociados a la respuesta de estrés y sus efectos sobre memoria (Kim & Kim, 2023).

El estrés puede afectar un amplio rango de procesos fisiológicos (de Andrade *et al.*, 2018; Kim *et al.*, 2015) y cognitivos (Kim & Leem, 2016), como la atención, el aprendizaje y la memoria (Shields *et al.*, 2017). Se ha demostrado que el organismo responderá al estrés dependiendo del tipo de estresor, su frecuencia, intensidad y duración; es decir, la respuesta del organismo está en función del estresor utilizado y su magnitud (García-Saldívar, 2017; Lupien *et al.*, 2009). En el caso particular de la memoria, el estrés juega un papel determinante que depende de la fase de la misma, ya sea adquisición, consolidación o evocación (Li *et al.*, 2012; Sandi & Pinelo-Nava, 2007).

La restricción de movimiento aguda es un inductor de estrés que se ha empleado como estresor en distintos modelos de estudio de la memoria. Se ha usado esta forma de estrés antes del entrenamiento en tareas de RO.

En ratas, el estrés por R durante 15 min antes de la ejecución de la tarea de evitación inhibitoria (con choque de 2.5 mA) no deterioró la memoria, indicando que no hubo efecto en la adquisición y la recuperación. Los resultados obtenidos en ese estudio sugieren que el estrés por R y el choque de 2.5 mA son lo suficientemente aversivos para que el evento emocional no se olvide (García-Saldívar *et al.*, 2014). En otro estudio, donde los animales fueron sometidos a 15 min de R antes de la fase de adquisición en la tarea en un laberinto elevado en T (LET), la memoria se deterioró significativamente (García-Saldívar, 2017). Estos resultados son coincidentes con otros estudios que muestran que el estrés deteriora la memoria (Cruz-Morales *et al.*, 2008; Diamond *et al.*, 2006; Sandi & Pinelo-Nava, 2007). Entre otros estudios, Morrow *et al.* (2000) encontraron que el estrés por la exposición al aroma de un depredador provocó deficiencia en la consolidación de la memoria de trabajo.

Tarea de RO en la evaluación del efecto del estrés sobre la memoria

La tarea de RO se ha utilizado también en el estudio del efecto del estrés sobre la memoria. Maroun y Akirav (2008) mostraron que, al estresar a ratas 30 min en 1 plataforma elevada previo a la prueba, se deterioraba la consolidación y re consolidación de la memoria.

Las discrepancias entre los efectos del estrés pueden deberse al uso de las diferentes tareas y sus componentes aversivos intrínsecos, como el choque eléctrico en la tarea de evitación inhibitoria, privación de alimento o agua en condicionamiento, nadar en un laberinto de agua o explorar en un laberinto elevado. Estas características añaden un factor de estrés intrínseco de la propia tarea, que dificulta la interpretación de los resultados del estrés en la memoria. Una tarea que se considera que no contiene elementos aversivos intrínsecos es la tarea de RO. La tarea de RO es un método simple que no requiere motivación externa. Tampoco requiere recompensa o castigo de ninguna forma, solamente exposición a un ambiente novedoso. Se ha considerado que no tiene elementos aversivos para la correcta ejecución de los sujetos; esta característica le confiere la ventaja de no provocar estrés sobre los individuos (Silvers *et al.*, 2007). Gracias a estas características, ha sido posible identificar y analizar el papel del estrés en las diferentes fases de la memoria.

Los estudios de Guercio *et al.* (2014) muestran que la exposición a estrés por R durante 90 min deterioró la consolidación de la memoria en una tarea de RO en ratones. La exposición a R por 60 min, aunados a 60 choques en la cola de 1 s (con intervalo de 60 s), aplicada en la fase de adquisición en la tarea de RO en ratas, y prueba a los 5 min, no deterioraron la memoria, pero sí hubo deterioro cuando la prueba se realizó a las 3 h (Baker & Kim, 2002). Este estudio muestra que el estrés afecta diferencialmente según el tiempo de evaluación entre la fase de adquisición y la prueba. La R durante 15 min antes del entrenamiento en RO provocó deterioro de la memoria, pero no hubo efecto cuando se restringieron después del entrenamiento en RO (González-López *et al.*, 2019). En ratas sometidas a 30 min de estrés en una plataforma elevada, una hora después del entrenamiento (fase de consolidación) de RO mejoró la memoria, mientras que el grupo que fue sometido al estrés antes del entrenamiento deterioró la memoria (Ness & Calabrese, 2016).

Evaluación del efecto del estrés sobre la memoria

Se ha observado que la exposición a la mayoría de los estresores extrínsecos empleados en los estudios de aprendizaje y memoria bajo estrés provoca una liberación de C que sigue una forma de U invertida. Se piensa que hay una relación entre la intensidad del estrés y la función de la memoria en forma de U invertida, donde hay un punto óptimo en el que se favorece la memoria con determinada

intensidad del estrés. Por encima o por debajo de esa intensidad, la memoria disminuye (Salehi *et al.*, 2010). Este efecto también se ha observado con la administración subcutánea de C. En un estudio que analizó el efecto de la administración de C (0.3, 1.0 o 3.0 mg/kg) y la condición de habituación o sin habituación en la tarea de RO (Okuda *et al.*, 2004), se encontró que, en las ratas que no fueron habituadas, con la administración de C de 0.3 y 3.0 mg/kg posentrenamiento, la retención fue inferior que con la dosis de 1 mg/kg. Se ha relacionado la intensidad de un estresor con las concentraciones de C plasmática y con el desempeño en una tarea conductual. En un experimento realizado por Salehi *et al.* (2010), en el cual se evaluó el efecto del estrés inducido por diferentes temperaturas del agua (16, 19 y 25 °C) en un laberinto de agua de brazos radial, se encontró que los sujetos presentaban aumento de la concentración de C plasmática conforme disminuía la temperatura del agua y, a su vez, su desempeño en la tarea se veía perjudicado con la temperatura de 16 y 25 °C y mejoró con la temperatura de 19 °C.

En el laboratorio, para estudiar los efectos del estrés sobre la memoria, hemos empleado diferentes procedimientos. Como estresor, empleamos la restricción; como se mencionó previamente, los efectos de la R dependen del tipo de tarea y de la fase de memoria en que se aplica (Cruz-Morales *et al.*, 2008; García-Saldívar, 2017). Otro procedimiento que es ampliamente empleado en la literatura es la administración de C, que asemeja la respuesta que se da ante un estresor (Okuda *et al.*, 2004). Por último, empleamos la técnica de ADX; este procedimiento quirúrgico se emplea en humanos para el tratamiento de algunas patologías (Utsumi *et al.*, 2023) o también es un modelo para estudiar el estrés en ausencia de GC (Hajisoltani *et al.*, 2011). La ADX consiste en la extirpación quirúrgica de una o ambas glándulas suprarrenales; se utiliza poco en la práctica clínica, salvo en casos específicos, como en tumores suprarrenales.

Modelo de adrenalectomía ADX en el estudio de la respuesta de estrés

La ADX bilateral elimina la síntesis de GC endógenos, lo que permite que se pueda evaluar el papel de los GC exógenos en la memoria y en la respuesta de ansiedad. Se han realizado estudios del efecto de ADX en la memoria; los trabajos de Oitzl y de Kloet (1992) muestran que los sujetos, después de tres días de la ADX, tardaron más tiempo en aprender la prueba en el laberinto acuático de Morris. En sujetos con ADX, Vaher *et al.* (1994) observaron que, a

los 4 días posteriores a la cirugía, hubo un deterioro de memoria en el laberinto radial. Durante las primeras 48 h hubo hipoglicemia, que se normalizó a las 72 h. Ocho días después de la ADX, se observó una disminución de la concentración de C, aumento de ACTH por retroalimentación negativa y disminución de neurogénesis en el giro dentado hipocampal. En otro estudio, doce semanas después de la ADX se evaluaron los efectos en el laberinto acuático de Morris en ratas. Se observaron dificultades en el aprendizaje y una reducción en el tamaño del giro dentado en sujetos que no recibieron reemplazo de C, mientras que en ratas con reemplazo de C no se observaron cambios significativos (Conrad & Roy, 1995).

Otra forma de disminuir la concentración de C endógena es mediante la administración de metirapona (MET); este fármaco es un inhibidor de la enzima 11 β -hidroxilasa que realiza la conversión de desoxicorticosterona a C (Furman, 2017; Strashimirov & Bohus, 1966). La MET, como sustrato de la 11 β -hidroxilasa, tiene un efecto dependiente del tiempo, ya que se puede evaluar su efecto a los 10 min, con un efecto máximo a las 3 h, con reducción del 75 % de C.

En un estudio se demostró que, en ratas expuestas a nado forzado para la inducción de estrés, la administración de MET 100 mg/kg atenuó, pero no eliminó, estos efectos del estrés sobre la C plasmática (Kennedy *et al.*, 2019).

Objetivo

Estudiar el efecto de la R o C 5mg/kg ip preentrenamiento sobre memoria y ansiedad en roedores con ADX y sin ADX en RO.

Metodología

Sujetos: se asignaron aleatoriamente a ocho grupos de ratas macho Wistar de 250 a 300 g, entrenados en RO. Cuatro grupos sin ADX: RO (control), dos grupos con 15 min de restricción (R15) y C 5 mg/kg ip (C5) preentrenamiento, y otro grupo con 35 mg/kg ip de MET (MET). Cuatro grupos adrenalectomizados, de los cuales un grupo solo ejecutó la tarea de RO (ADXRO) y los restantes fueron inyectados con 1 mg/kg (ADXC1), 3 mg/kg (ADXC3) o 5 mg/kg (ADXC5) antes del entrenamiento en RO, y se utilizó como grupo control de RO el mismo grupo utilizado sin ADX.

La adrenalectomía (ADX) se realizó en condiciones de asepsia y antisepsia, bajo anestesia con zoletil 48 mg/kg, xilacina 0.02 mg/kg y atropina 0.02

mg/kg. La tarea de RO se ejecutó 11 días después de la ADX. Durante el posoperatorio, los sujetos recibieron solución salina al 0.9 % durante tres días, seguida de una mezcla de solución salina y agua al 50 % durante los siguientes 4 días. La tarea de RO se ejecutó 11 días después de la ADX.

Aparatos: caja de reconocimiento de objetos construida con PVC blanco, de 70 × 70 cm de lado y altura de 40 cm, con piso cuadriculado.

Restrictor de movimiento (PLAS LAB INC), cilíndrico de acrílico, de 15 cm de largo y 7 cm de diámetro, ajustado al tamaño de los sujetos, con orificios que permiten la respiración de los sujetos. Para registrar los ensayos de los sujetos, se empleó una cámara de circuito cerrado, lo cual permitió posteriormente visualizar y analizar los datos mediante un software especializado para el análisis de datos.

Objetos familiares y novedosos. Se utilizaron piezas de Lego® de plástico, en color azul para los objetos familiares (OF1 y OF2) y un LEGO® de color y forma diferente como ON. Se rellenaron con acrílico dental para que los roedores no los movieran.

Para el registro de las conductas etológicas, se utilizó el software de uso libre BORIS (Behavioral Observation Research Interactive Software).

Tarea de reconocimiento de objetos. La tarea de RO se realizó en tres sesiones. Durante la sesión de habituación, los sujetos fueron colocados en la caja de reconocimiento sin objetos por 10 min. La sesión de entrenamiento se realizó 24 h después, al introducir nuevamente a los sujetos a la caja de reconocimiento, esta vez con dos objetos idénticos (OF1 y OF2), y se les permitió explorarlos durante 5 min. Se consideró exploración cuando los sujetos se acercaban a los objetos por lo menos a 2 cm de distancia, con la cabeza orientada a los objetos, los tocaban o los olfateaban con la nariz. Se excluyeron de la exploración conductas como sentarse sobre los objetos sin que se orientara la cabeza hacia los objetos. La sesión de prueba se realizó 24 h después del entrenamiento; los sujetos fueron colocados nuevamente en la caja de reconocimiento de objetos con un OF y un ON, y se registró el tiempo que los sujetos exploraron cada objeto.

Con los resultados obtenidos se calculó un índice de discriminación (ID) (Janthakhin *et al.*, 2022):

$$ID = (TN) / (TN + TF) * 100$$

Donde TN representa el tiempo de exploración del ON y TF el tiempo de exploración al OF.

Análisis estadístico. Debido a que no todos los grupos experimentales mostraron distribuirse normalmente, se realizaron análisis de Kruskal-Wallis, con una prueba post hoc de Dunn para determinar diferencias significativas en el ID y para las conductas etológicas relacionadas con ansiedad: número de cruces, frecuencia (F) y tiempo (T) de las conductas de acicalamiento (ACIC), deambulación en la periferia (PERI), permanencia en el centro (CENT) y alzadas (ALZ).

Resultados y discusión

Resultados en RO.

En los grupos sin ADX, se encontraron diferencias significativas para el ID $H(3, N = 29) = 9.5033, p = 0.0233$. Los grupos de C5 y R15 presentaron un ID menor que RO (* $p < 0.05$) y (** $p < 0.004$) respectivamente. La MET no produjo efectos significativos (Fig. 1).

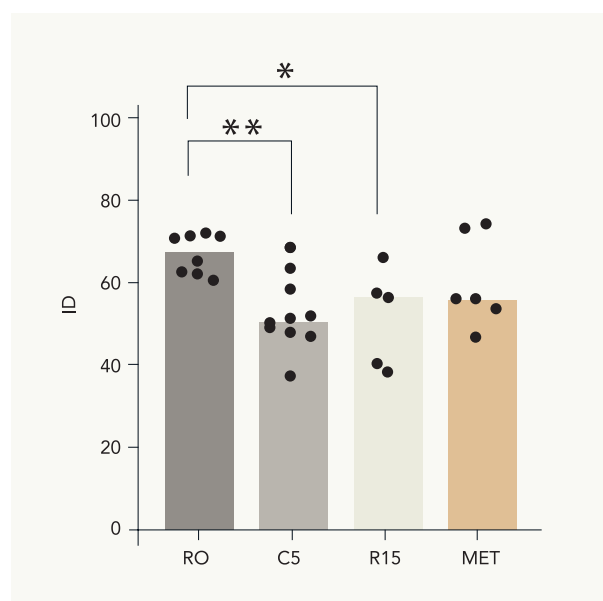


Figura 1.

Medianas del ID de sujetos que ejecutaron la tarea de RO que fueron expuestos a estrés por restricción 15 min (R15), inyectados con 5 mg/kg de C (C5) o inyectados con metirapona (MET). * $p < 0.05$ vs RO, ** $p < 0.01$ vs RO.

En los grupos con ADX, la prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas entre los grupos $H(4, N = 36) = 10.88, p = 0.0205$. La prueba de Dunn mostró que los grupos ADXRO y ADXRO1 presentaron un ID menor que el grupo de RO (* $p < 0.05$ y ** $p < 0.01$) respectivamente. Los grupos ADXC3RO y ADXC5RO no mostraron diferencias significativas respecto a RO.

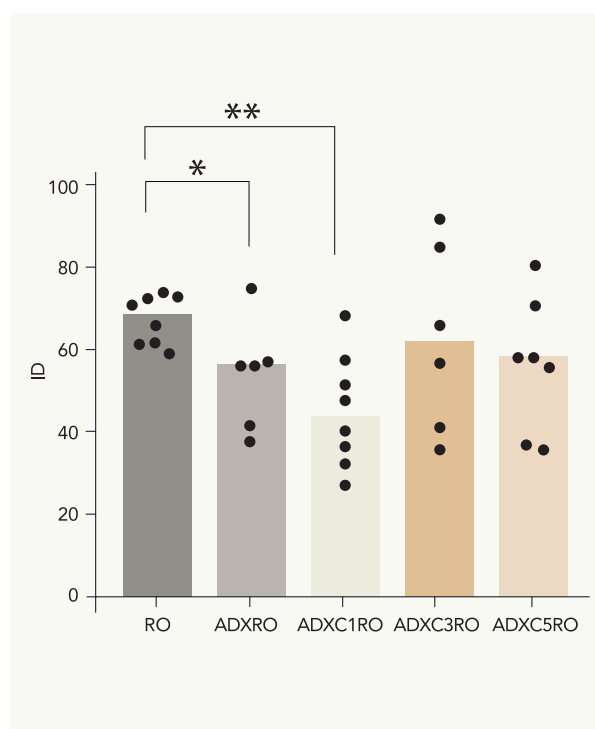


Figura 2.

Medianas del ID de los sujetos control que ejecutaron la tarea de RO, sujetos con adrenalectomía (ADXRO) sin C o con 1, 3 o 5 mg/kg de C ip (ADXC1RO, ADXC3RO, ADXC5RO respectivamente). Se encontraron diferencias entre los grupos de ADXRO y ADXC1RO vs RO (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$).

En la tabla 1 se muestran las medianas de las respuestas etológicas de ansiedad de los grupos sin ADX que ejecutaron la tarea de RO. En la sesión de entrenamiento mostraron diferencias significativas para la FPERI y TPERI [$H(3, N = 29) = 15.9675, p = 0.0012$; $H(3, N = 29) = 11.13195, p = 0.0110$], respectivamente; para FCENT y TCENT [$H(3, N = 29) = 14.7559, p = 0.0020$; $H(3, N = 29) = 11.1319, p = 0.0110$], respectivamente, y en FALZ [$H(3, N = 29) = 13.9591, p = 0.0030$]. Los grupos de C5 y R15, comparados con el grupo de RO, mostraron menor FPERI ($p < 0.001$) y mayor TPERI ($p < 0.05$), menor FCENT ($p < 0.001$) y TCENT ($p < 0.05$), menos FALZ ($p < 0.01$ y $p < 0.001$, respectivamente) y TALZ ($p < 0.0001$), y menos cruces ($p < 0.01$) durante la sesión de entrenamiento, lo que indica que ambos estresores provocaron respuestas de ansiedad. El grupo de MET difirió del grupo de C5 y de R15 al permanecer menos TPERI ($p < 0.05$ y $p < 0.01$) y más TCENT ($p < 0.05$ y $p < 0.01$). Además, la FALZ y TALZ fue mayor que en el grupo R15 ($p < 0.05$ y $p < 0.01$), lo que indica que no mostró ansiedad. En la prueba solo hubo diferencias en la FALZ [$H(3, N = 29) = 8.0346, p = 0.045$], donde los dos grupos expuestos a C5 y R15 tuvieron menor FALZ ($p < 0.05$).

Tabla 1.

Comparación de las medianas de las conductas relacionadas a ansiedad en el entrenamiento y prueba de la tarea de reconocimiento de objetos. F, frecuencia; T, tiempo; RO, grupo control; C5, grupo con administración ip de 5mg/kg de corticosterona; R15, grupo sometido a restricción por 15 min; MET, grupo con administración ip de 35mg/kg de metirapona; ↑ vs, aumentado en comparación a; ↓ vs, disminuido en comparación a. * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001. Solo se incluyen las conductas con diferencias significativas.

Grupo	RO	C5	R15	MET
ENTRENAMIENTO	Diferencias significativas	Diferencias significativas	Diferencias significativas	Diferencias significativas
FPERI	*↑ vs MET ***↑ vs C5 y R15	***↓ vs RO	***↓ vs RO	*↓ vs RO
TPERI	*↓ vs C5 y R15	*↑ vs RO y MET	*↑ vs RO *↑ vs MET	*↓ vs C5 *↓ vs R15
FCENT	***↑ vs C5 **↑ vs R15	***↓ vs RO	**↓ vs RO	
TCENT	*↑ vs C5 y R15	*↓ vs RO *↓ vs MET	*↓ vs RO *↓ vs MET	*↑ vs C5 *↑ vs R15
FALZ	**↑ vs C5 ***↑ vs R15	**↓ vs RO	*↓ vs MET ***↓ vs RO	*↑ vs R15
TALZ	*↑ vs R15	*↓ vs MET	*↓ vs RO **↓ vs MET	*↑ vs C5 **↑ R15
PRUEBA	Diferencias significativas	Diferencias significativas	Diferencias significativas	Diferencias significativas
FCENT	*↑ vs C5 y R15	*↓ vs RO	*↓ vs RO	
FALZ	*↑ vs C5 y R15	*↓ vs RO	*↓ vs RO	

En la Tabla 2 se muestran las medianas de las medidas etológicas de ansiedad en sujetos con ADX y administración ip con diferentes dosis de C antes del entrenamiento en RO. Se observaron diferencias significativas durante la fase de entrenamiento para FPERI y TPERI [(H(4, N= 37)=15.76, p= 0.0034; H(4, N=37)=10.97, p = 0.0269)] respectivamente; para la FCENT (H(4, N=37)= 15.96, p =0.0031), en FALZ y TALZ [(H(4, N=37)= 19.56, p = 0.0006; H(4, N=37)= 16.79, p=0.0021)] y en el número de cruces (H (4, N=37) = 14.51, p = 0.0058). Se observó que los grupos de ADXRO y ADXC1RO mostraron menor FPERI (p <0.001) y mayor TPERI (p< 0.05 y p<0.01, respectivamente), con menor FCENT (p < 0.01 y p < 0.001) comparados con el grupo sin ADX. Todos los grupos con ADX e inyectados con C, presentaron menos FALZ y TALZ que el grupo de RO y el efecto fue más significativo en el grupo de ADXC5RO (p < 0.001). Hubo menos cruces en el grupo de ADXC1RO y en el ADXC5RO. Por lo que puede observarse, los sujetos con ADX

presentaron más respuestas de ansiedad cuando se les administra C y el efecto se acentuó en el grupo de 5 mg/kg de C. Durante la prueba se encontraron diferencias significativas para FPERI Y TPERI [(H(4, N=37)=15.25, p= 0.0042); H(4, N=37)= 12.88, p= 0.0119)] respectivamente; en FCENT (4, N=37)= 15.63, p= 0.0036)] en FALZ y TALZ [(H(4, N=37)= 22.31, p= 0.0002; H(4, N=37)=16.17, p= 0.0028)] respectivamente; en TACIC (H(4, N=37)=14.23, p = 0.0066) y en el número de cruces (H(4, N=37) = 20.21, p=0.0005). En general hay mayor TPERI (p < 0.05) en todos los grupos de ADX con o sin inyección de C comparados con el grupo sin ADX. Asimismo, entran menos a la zona central de la caja de RO (p < 0.05). En los sujetos con ADX con administración de C, la FALZ y TALZ fue menor que en el grupo sin ADX (p< 0.05), igual que ocurrió en la fase de entrenamiento, por lo que se muestra que las conductas de ansiedad persisten en los sujetos con ADX incluso a las 24 h de haber recibido la inyección de C.

Tabla 2.

Comparación de las medianas de las conductas relacionadas a ansiedad en el entrenamiento y prueba de la tarea de reconocimiento de objetos. F, frecuencia; T, tiempo; RO, grupo control; ADXRO, ADXC1RO, ADXC3RO y ADXC5RO, grupos adrenalectomizados con administración de 1, 3 o 5mg/kg, ip respectivamente; ↑ vs, aumentado en comparación a; ↓ vs, disminuido en comparación a. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$, **** $p < 0.0001$. Solo se incluyen las conductas con diferencias significativas.

Grupo	RO	ADXRO	ADXC1RO	ADXC3RO	ADXC5RO
ENTRENAMIENTO	Diferencias significativas	Diferencias significativas	Diferencias significativas	Diferencias significativas	Diferencias significativas
FPERI	*↑ vs ADXC3RO ***↑ vs ADXRO y ADXC1RO ***↑ vs ADXC5RO	**↓ vs RO	**↓ vs RO	*↓ vs RO	***↓ vs RO
TPERI	*↓ vs ADXRO **↓ ADXC1RO	*↑ vs RO	**↑ vs RO		
FCENT	***↑ vs ADXRO, ADXC3RO y ADXC5RO ***↑ vs ADXC1RO	**↓ vs RO	***↓ vs RO	**↓ vs RO	**↓ vs RO
FALZ	*↑ vs ADXC3RO ***↑ vs ADXC1RO ****↑ vs ADXC5RO	*↑ vs ADXC5RO	**↓ vs RO	*↓ vs RO	*↓ vs ADXRO ****↓ vs RO
TALZ	*↑ vs ADXC1RO y ADXC3RO ***↑ vs ADXC5RO	**↑ vs ADXC5RO	*↓ vs RO	*↓ vs RO	**↓ vs ADXRO ***↓ vs RO
FCRU	***↑ vs ADXC1RO ***↑ vs ADXC5RO	*↓ vs MET	**↓ vs RO		***↓ vs RO
PRUEBA	Diferencias significativas	Diferencias significativas	Diferencias significativas	Diferencias significativas	Diferencias significativas
FPERI	*↑ vs ADXC3RO ***↑ vs ADXRO ***↑ vs ADXC5RO	**↓ vs RO	*↑ vs ADXC5RO	*↓ vs RO	*↓ vs ADXC1RO ***↓ vs RO
TPERI	*↓ vs ADXC1RO y ADXC3RO **↓ vs ADXRO y ADXC5RO	**↑ vs RO	*↑ vs RO	*↑ vs RO	**↑ vs RO
FCENT	*↑ vs ADXC1RO y ADXC3RO ***↑ vs ADXRO ***↑ vs ADXC5RO	**↓ vs RO	*↓ vs RO	**↓ vs RO	***↓ vs RO
FALZ	*↑ vs ADXRO ***↑ vs ADXC3RO ***↑ vs ADXC1RO ****↑ vs ADXC5RO	*↓ vs RO *↑ vs ADXC5RO	***↓ vs RO	**↓ vs RO	*↓ vs ADXRO ****↓ vs RO
TALZ	***↑ vs ADXC1RO, ADXC3RO y ADXC5RO	*↑ vs ADXC1RO, ADXC3RO y ADXC5RO	*↓ vs ADXRO **↓ vs RO	*↓ vs ADXRO **↓ vs RO	*↓ vs ADXRO **↓ vs RO
TACIC	*↓ ADXC1RO y ADXC5RO ***↓ vs ADXRO	**↑ vs ADXC3RO ***↑ vs RO	*↑ vs RO	**↓ vs ADXRO	*↑ vs RO
FCRU	*↑ vs ADXRO y ADXC3RO ***↑ vs ADXC1RO ****↑ vs ADXC5RO	*↓ vs RO	**↓ vs RO	*↓ vs RO	****↓ vs RO

Conclusiones

El estudio del efecto del estrés en la memoria es complejo, debido a que muchas tareas que evalúan memoria tienen componentes intrínsecos que activan la respuesta de estrés. En este estudio utilizamos la tarea de RO, que no tiene componentes aversivos. La administración de C5 o la exposición a R15 deterioraron la memoria en sujetos sin ADX, y el efecto fue mayor en C5; sin embargo, en ambos casos el efecto obtenido se puede explicar por el aumento de C en plasma. La exposición a 15 min de R aumentó la concentración de C endógena inmediatamente después de la R (García-Saldívar *et al.*, 2014). La sola inyección de 5 mg/kg de C en ratas macho aumenta la C en plasma, que se suma a la concentración de C endógena que existe en condiciones basales (Rendón-Ochoa *et al.*, 2025), y cuyo efecto fue evidente cuando se administró antes de la tarea de RO. En memoria procedimental se ha observado que la exposición a R antes del entrenamiento deterioró la memoria en el LET (Cruz-Morales *et al.*, 2008). Nuevamente, el efecto de deterioro de la memoria observado se puede atribuir a la elevación de la concentración de C. En conjunto, estos hallazgos apuntan a la C como efector en la modulación de la memoria, tanto en memoria declarativa (RO) como en memoria procedimental (LET).

Además del efecto en memoria, el aumento de C se ha relacionado con presencia de respuestas de ansiedad (De Kloet & Joëls, 2023). Para los grupos de C5 y R15 se encontró un aumento significativo del TPERI y disminución en el TCENT de la cámara de reconocimiento, con una disminución de las alzadas, que, de acuerdo con los criterios de Carola *et al.* (2002) y Choleris *et al.* (2001), se interpretan como respuestas asociadas a la ansiedad.

Al utilizar MET, inhibidor de la síntesis de C, no se afectó la memoria, pero sí disminuyeron las conductas de ansiedad comparadas con C5 o R15: los sujetos permanecieron más tiempo en el CENT y aumentaron la FALZ, lo que se puede interpretar como que la MET evitó las respuestas de ansiedad. Este efecto se explica por la disminución de C plasmática inducida por la MET. La MET administrada 30 min antes de R, en sujetos expuestos al laberinto elevado en cruz, aumentó la exploración en los espacios abiertos, efecto que se atribuyó a la disminución de C inducida por la MET (Campos-Cardoso *et al.*, 2023). No obstante, es importante realizar la evaluación neuroquímica que evidencie este efecto a través de la cuantificación de C en plasma.

La ADX indujo deterioro de la memoria de RO, similar a lo que ha ocurrido en otros estudios que

evalúan memoria espacial (Vaher *et al.*, 1994), donde el deterioro se atribuyó a los cambios que sufren las células granulares en el giro dentado después de la ADX y al descenso de las hormonas adrenales circulantes, ya que, cuando se administra aldosterona, se revierte el deterioro. Con 1 mg/kg de C persistió el deterioro de memoria en los sujetos ADX; 3 o 5 mg/kg de C no tuvieron efecto en la tarea de RO, por lo que se infiere que la C es necesaria para el procesamiento de la memoria en RO, pero que es un efecto dependiente de la dosis administrada. En la respuesta de ansiedad en sujetos con ADX se presentó mayor FPERI en todos los grupos, con mayor intensidad en el grupo con 5 mg/kg de C, y se observó un aumento en el TPERI en los grupos ADXRO y ADXC1RO, lo que implica que la ausencia de C o la administración de una dosis baja provocaron un aumento de ansiedad, que se acentuó en el grupo con la mayor dosis.

Es probable que el modelo de ADX de 11 días utilizado en este experimento sea el responsable del deterioro observado en los sujetos con ADX, como ha ocurrido en otros estudios (Mantsch *et al.*, 2008). La administración de C exógena provocó efectos en la memoria dependientes de la dosis y de la fase de la memoria en que se aplica. En otros estudios, la administración de C o de la hormona aldosterona ha demostrado reversión del deterioro causado por ADX (Conrad & Roy, 1993).

Asimismo, resulta factible que la respuesta de ansiedad tenga relación con la activación del eje HPA, pero que sea un efecto dependiente de la dosis y que ese aumento progresivo en las dosis actúe sobre otras regiones cerebrales involucradas con la modulación de la respuesta de ansiedad. Por lo que es necesario realizar más estudios sobre la participación de las estructuras cerebrales involucradas con la respuesta de ansiedad y que pueden interactuar con la respuesta del eje HPA.

En estudios realizados en este laboratorio con la tarea de LET, que evalúa memoria de procedimiento y ansiedad, se ha encontrado que los efectos de la administración de 1 mg/kg de C revierten la amnesia inducida por la ADX y que 3 o 5 mg/kg no tienen efecto en la memoria, pero provocan ansiedad (resultados no publicados).

Podemos concluir que la administración de C5 modificó la memoria de RO en sujetos sin ADX. En sujetos con ADX, la C provocó efectos dependientes de la dosis. La tarea de RO permitió evaluar el efecto del estrés preentrenamiento sobre la memoria declarativa y la respuesta de ansiedad al mismo tiempo, por lo que la tarea de RO puede ser útil en el estudio de ansiedad condicionada. El

impacto del estrés en la respuesta de ansiedad fue mayor en las medidas etológicas de deambulación en la periferia y el centro.

Limitaciones

Con el objetivo de aportar información sobre el papel de los glucocorticoides en el efecto del estrés sobre la modulación de la memoria y la ansiedad, el presente estudio utilizó un modelo de estrés a través de la administración i.p. de C o R15 en ratas

intactas y ADX. Sin embargo, entre las limitaciones están, por un lado, los efectos mismos de la ADX más allá de la ausencia de glucocorticoides y, por otro, garantizar que realmente no haya producción, aunque sea mínima, de glucocorticoides. Asimismo, sería necesario investigar las diferencias relacionadas con el tipo de memoria, los diferentes estresores y su magnitud, así como la participación de los sistemas cerebrales.

Fianciamiento: Proyecto IN305622, PAPIIT, DGAPA, UNAM.

Referencias

- Antunes, M., & Biala, G. (2012). The novel object recognition memory: neurobiology, test procedure, and its modifications. *Cognitive processing*, 13(2), 93-110. <https://doi.org/10.1007/s10339-011-0430-z>
- Baker, K.B., & Kim, J.J. (2002). Effects of stress and hippocampal NMDA receptor antagonism on recognition memory in rats. *Learning & memory (Cold Spring Harbor, N.Y.)*, 9(2), 58-65. <https://doi.org/10.1101/lm.46102>
- Becegato, M., & Silva, R.H. (2022). Object recognition tasks in rats: Does sex matter?. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 16, 970452. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2022.970452>
- Campos-Cardoso, R., Santana Novaes, L., Godoy, D.L., Barreto Dos Santos, N., Genaro Peretto, J., Lazarini-Lopes, W., Garcia-Cairasco, N., Padovan, C.M., & Demarchi Munhoz, C. (2023). The resilience of adolescent male rats to acute stress-induced delayed anxiety is age-related and glucocorticoid release-dependent. *Neuropharmacology*, 226, 109385. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2022.109385>
- Carola, V., D'Olimpio, F., Brunamonti, E., Mangia, F., & Renzi, P. (2002). Evaluation of the elevated plus-maze and open-field tests for the assessment of anxiety-related behaviour in inbred mice. *Behavioural Brain Research*, 134(1-2), 49-57. [https://doi.org/10.1016/s0166-4328\(01\)00452-1](https://doi.org/10.1016/s0166-4328(01)00452-1)
- Choleris, E., Thomas, A.W., Kavaliers, M., & Prato, F.S. (2001). A detailed ethological analysis of the mouse open field test: effects of diazepam, chlordiazepoxide and an extremely low frequency pulsed magnetic field. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 25(3), 235-260. [https://doi.org/10.1016/s0149-7634\(01\)00011-2](https://doi.org/10.1016/s0149-7634(01)00011-2)
- Conrad, C.D., & Roy, E.J. (1993). Selective loss of hippocampal granule cells following adrenalectomy: implications for spatial memory. *Journal of Neuroscience*, 13(6), 2582-2590. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.13-06-02582.1993>
- Conrad, C.D., & Roy, E.J. (1995). Dentate gyrus destruction and spatial learning impairment after corticosteroid removal in young and middle-aged rats. *Hippocampus*, 5(1), 1-15. <https://doi.org/10.1002/hipo.450050103>
- Cruz-Morales, S.E., García-Saldivar, N.L., González-López, M.R., Castillo-Roberto, G., Monroy, J., & Domínguez, R. (2008). Acute restriction impairs memory in the elevated T-maze (ETM) and modifies serotonergic activity in the dorsolateral striatum. *Behavioural Brain research*, 195(1), 187-191. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2008.02.022>
- De Andrade, J.S., Céspedes, I.C., Abrão, R.O., da Silva, J.M., Ceneviva, R., Ribeiro, D.A., Bittencourt, J.C., & Viana, M.B. (2018). Effects of acute restraint and unpredictable chronic mild stress on brain corticotrophin releasing factor mRNA in the elevated T-maze. *Behavioural Brain Research*, 337, 139-150. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2017.09.029>
- De Kloet, E.R., & Joëls, M. (2023). The cortisol switch between vulnerability and resilience. *Molecular Psychiatry*, 29, 20-34. <https://doi.org/10.1038/s41380-022-01934-8>
- De Quervain, D.J.-F., Aerni, A., Schelling, G., & Roozendaal, B. (2009). Glucocorticoids and the regulation of memory in health and disease. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 30(3), 358-370. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2009.03.002>
- Diamond, D.M., Campbell, A.M., Park, C.R., Woodson, J.C., Conrad, C.D., Bachstetter, A.D., & Mervis, R.F. (2006). Influence of predator stress on the consolidation versus retrieval of long-term spatial memory and hippocampal spinogenesis. *Hippocampus*, 16(7), 571-576. <https://doi.org/10.1002/hipo.20188>
- Fenoglio, K.A., Chen, Y., & Baram, T.Z. (2006). Neuroplasticity of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis early in life requires recurrent recruitment of stress-regulating brain regions. *The Journal of Neuroscience*, 26(9), 2434-2442. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4080-05.2006>
- Furman, B.L. (2017). Metryapone. *Reference Module in Biomedical Sciences*, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.98009-7>
- García Saldivar, N.L., Reyes González López, M., Monroy, J., Domínguez, R., y Cruz Morales, S.E. (2014). Efectos agudos de la restricción, choque y entrenamiento en el laberinto elevado en T en

- los sistemas de noradrenalina y serotonina en la corteza prefrontal (Acute effects of restraint, shock, and training in the elevated T-maze on the noradrenaline and serotonin systems in the prefrontal cortex). *Acta Colombiana de Psicología*, 17(2), 23-31. <https://doi.org/10.14718/ACP.2014.17.2.3>
- García-Saldivar, N.L. (2017). Efecto del estrés agudo por restricción sobre la memoria y la ansiedad en rata: participación de la noradrenalina en corteza prefrontal y núcleo estriado [Effect of acute restraint stress on memory and anxiety in rats: Participation of norepinephrine in the prefrontal cortex and striatum [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2017/febrero/0755201/0755201.pdf>
- González-López, M.R., García-Saldivar, N.L., Arriaga-Ramírez, J.C., & Cruz-Morales, S.E. (2019). Efecto del estrés en la adquisición y consolidación de la memoria de reconocimiento de objetos en ratas (The effect of stress on acquisition and consolidation of object recognition memory in rats). *Revista Mexicana de Neurociencia*, 20(3), 141-148. <https://doi.org/10.24875/rmn.m19000045>
- Guercio, G.D., Bevictori, L., Vargas-Lopes, C., Madeira, C., Oliveira, A., Carvalho, V.F., d'Ávila, J.C., & Panizzutti, R. (2014). D-serine prevents cognitive deficits induced by acute stress. *Neuropharmacology*, 86, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2014.06.021>
- Hajisoltani, R., Rashidy-Pour, A., Vafaei, A.A., Ghaderdoost, B., Reza Bandegi, A., & Motamedi, F. (2011). The glucocorticoid system is required for the voluntary exercise-induced enhancement of learning and memory in rats. *Behavioural brain research*, 219(1), 75-81. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2010.12.005>
- Herman, J.P., McKlveen, J.M., Ghosal, S., Kopp, B., Wulsin, A., Makinson, R., Scheimann, J., & Myers, B. (2016). Regulation of the Hypothalamic-Pituitary-Adrenocortical Stress Response. *Comprehensive Physiology*, 6(2), 603-621. <https://doi.org/10.1002/cphy.c150015>
- Hidalgo, V., Pulopulos, M.M., & Salvador, A. (2019). Acute psychosocial stress effects on memory performance: Relevance of age and sex. *Neurobiology of Learning and Memory*, 157, 48-60. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2018.11.013>
- Janthakhin, Y., Kingtong, S., & Juntapremjit, S. (2022). Inhibition of glucocorticoid synthesis alleviates cognitive impairment in high-fat diet-induced obese mice. *Comprehensive Psychoneuroendocrinology*, 10, 100130. <https://doi.org/10.1016/j.cpnec.2022.100130>
- Joëls, M., & Baram, T.Z. (2009). The neuro-symphony of stress. *Nature reviews. Neuroscience*, 10, 459-466. <https://doi.org/10.1038/nrn2632>
- Kennedy, C.L.M., Carter, S.D., Mifsud, K.R., & Reul, J.M.H.M. (2019). Unexpected effects of metyrapone on corticosteroid receptor interaction with the genome and subsequent gene transcription in the hippocampus of male rats. *Journal of Neuroendocrinology*, 32(2), e12820. <https://doi.org/10.1111/jne.12820>
- Ketchesin, K.D., Stinnett, G.S., & Seasholtz, A.F. (2017). Corticotropin-releasing hormone-binding protein and stress: from invertebrates to humans. *Stress*, 20(5), 449-464. <https://doi.org/10.1080/1053890.2017.1322575>
- Kim, D.M. & Leem, Y.H. (2016). Chronic stress-induced memory deficits are reversed by regular exercise via AMPK-mediated BDNF induction. *Neuroscience*, 324, 271-285. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2016.03.019>
- Kim, E.J., & Kim, J.J. (2023). Neurocognitive effects of stress: a metaparadigm perspective. *Molecular Psychiatry*, 28, 2750-2763. <https://doi.org/10.1038/s41380-023-01986-4>
- Kim, E.J., Pellman, B. & Kim, J.J. (2015). Stress effects on the hippocampus: a critical review. *Learning and Memory*, 22, 411-416. <https://doi.org/10.1101/lm.037291.114>
- Konturek, P.C., Brzozowski, T., & Konturek, S.J. (2011). Stress and the gut: pathophysiology, clinical consequences, diagnostic approach and treatment options. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 62(6), 591-599. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22314561/>
- Lamprea, M.R., Cardenas, F.P., Setem, J., & Morato, S. (2008). Thigmotactic responses in an open-field. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 41(2), 135-140. <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2008000200010>
- Li, S., Fan, Y.X., Wang, W., & Tang, Y.Y. (2012). Effects of acute restraint stress on different components of memory as assessed by object-recognition and object-location tasks in mice. *Behavioural Brain Research*, 227(1), 199-207. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2011.10.007>
- Lupien, S.J., McEwen, B.S., Gunnar, M.R., & Heim, C. (2009). Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 10, 434-445. <https://doi.org/10.1038/nrn2639>
- Mantsch, J.R., Baker, D.A., Serge, J.P., Hoks, M.A., Francis, D.M., & Katz, E.S. (2008). Surgical adrenalectomy with diurnal corticosterone replacement slows escalation and prevents the augmentation of cocaine-induced reinstatement in rats self-administering cocaine under long-access conditions. *Neuropsychopharmacology*, 33, 814-826. <https://doi.org/10.1038/sj.npp.1301464>
- McEwen, B.S., & Akil, H. (2020). Revisiting the Stress Concept: Implications for Affective Disorders. *The Journal of Neuroscience*, 40(1), 12-21. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0733-19.2019>
- Morrow, B.A., Roth, R.H. & Elsworth, J.D. (2000). TMT, a predator odor, elevates mesoprefrontal dopamine metabolic activity and disrupts short-term working memory in the rat. *Brain Research Bulletin*, 52(6), 519-523. [https://doi.org/10.1016/s0361-9230\(00\)00290-2](https://doi.org/10.1016/s0361-9230(00)00290-2)
- Maroun, M., & Akirav, I. (2008). Arousal and stress effects on consolidation and reconsolidation of recognition memory. *Neuropsychopharmacology*, 33, 394-405. <https://doi.org/10.1038/sj.npp.1301401>
- Ness, D., & Calabrese, P. (2016). Stress Effects on Multiple Memory System Interactions. *Neural Plasticity*, 2016, 4932128. <https://doi.org/10.1155/2016/4932128>
- Ohl, F. (2003). Testing for anxiety. *Clinical Neuroscience Research*, 3(4-5), 233-238. [https://doi.org/10.1016/S1566-2772\(03\)00084-7](https://doi.org/10.1016/S1566-2772(03)00084-7)

- Sandi, C., & Pinelo-Nava, M.T. (2007). Stress and memory: behavioral effects and neurobiological mechanisms. *Neural Plasticity*, 2007, 78970. <https://doi.org/10.1155/2007/78970>
- Oitzl, M.S., & de Kloet, E.R. (1992). Selective corticosteroid antagonists modulate specific aspects of spatial orientation learning. *Behavioral Neuroscience*, 106(1) 62-71. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0735-7044.106.1.62>
- Okuda, S., Roozendaal, B., & McGaugh, J.L. (2004). Glucocorticoid effects on object recognition memory require training-associated emotional arousal. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(3), 853-858. <https://doi.org/10.1073/pnas.0307803100>
- Pacák, K., & Palkovits, M. (2001). Stressor specificity of central neuroendocrine responses: implications for stress-related disorders. *Endocrine Reviews*, 22(4), 502-548. <https://doi.org/10.1210/edrv.22.4.0436>
- Pisula, W. (1994). Sequential analysis of rat behavior in the open field. *International Journal of Comparative Psychology*, 7(4), 194-201. <https://doi.org/10.46867/C4Z880>
- Prut, L., & Belzung, C. (2003). The open field as a paradigm to measure the effects of drugs on anxiety-like behaviors: a review. *European Journal of Pharmacology*, 463(1-3), 3-33. [https://doi.org/10.1016/s0014-2999\(03\)01272-x](https://doi.org/10.1016/s0014-2999(03)01272-x)
- Rendón-Ochoa, E.A., Cedillo-Zavaleta, L.N., Flores-Sánchez, A.O., García-Saldivar, N.L., González-López, M.R.A., Hernández-Aparicio, A.A., Cruz-Morales, S.E. (2025). Dorsal striatal glucocorticoid receptor blockade prevents inhibitory avoidance memory impairment induced by restraint stress and corticosterone. *Behavioral Brain Research*, 493 115699. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2025.115699>
- Salehi, B., Cordero, M.I., & Sandi, C. (2010). Learning under stress: the inverted-U-shape function revisited. *Learning & Memory*, 17, 522-530. <https://doi.org/10.1101/lm.1914110>
- Sandi, C., & Pinelo-Nava, M.T. (2007). Stress and memory: behavioral effects and neurobiological mechanisms. *Neural Plasticity*, 2007, 78970. <https://doi.org/10.1155/2007/78970>
- Sapolsky, R.M. (2019). Stress, Health and Social Behavior. In: J. Chun Choe (Ed.), *Encyclopedia of Animal Behavior* (2nd Ed.), (pp. 163-170), (Vol. 1). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-045337-8.00277-1>
- Selye, H. (1946). The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 6(2), 117-230. <https://doi.org/10.1210/jcem-6-2-117>
- Shields, G.S., Doty, D., Shields, R.H., Gower, G., Slavich, G.M. & Yonelinas, A.P. (2017). Recent life stress exposure is associated with poorer long-term memory, working memory, and self-reported memory. *The International Journal on the Biology of Stress*, 20(6), 598-607. <https://doi.org/10.1080/10253890.2017.1380620>
- Silvers, J.M., Harrod, S.B., Mactutus, C.F., & Booze, R.M. (2007). Automation of the novel object recognition task for use in adolescent rats. *Journal of Neuroscience Methods*, 166(1), 99-103. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2007.06.032>
- Strashimirov, D., & Bohus, B. (1966). Effect of 2-methyl-1,2-bis-/3-pyridyl/-1-propanone (SU-4885) on adrenocortical secretion in normal and hypophysectomized rats. *Steroids*, 7(2), 171-180. [https://doi.org/10.1016/0039-128x\(66\)90024-9](https://doi.org/10.1016/0039-128x(66)90024-9)
- Sze, Y., Gill, A.C. & Brunton, P.J. (2018). Sex-dependent changes in neuroactive steroid concentrations in the rat brain following acute swim stress. *Journal of Neuroendocrinology*, 30(11) e12644. <https://doi.org/10.1111/jne.12644>
- Utsumi, T., Iijima, S., Sugizaki, Y., Mori, T., Somoto, T., Kato, S., Oka, R., Endo, T., Kamiya, N., & Suzuki, H. (2023). Laparoscopic adrenalectomy for adrenal tumors with endocrine activity: perioperative management pathways for reduced complications and improved outcomes. *International Journal of Urology*, 30(10) 818-826. <https://doi.org/10.1111/iju.15218>
- Vaher, P.R., Luine, V.N. Gould, E., & McEwen, B.S. (1994). Effects of adrenalectomy on spatial memory performance and dentate gyrus morphology. *Brain Research*, 656(1), 71-78. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(94\)91367-6](https://doi.org/10.1016/0006-8993(94)91367-6)
- Wolf, O.T. (2016). Stress and memory retrieval: mechanisms and consequences. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 14, 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.12.001>

Uso de plantas medicinales para el tratamiento del síndrome metabólico

Elizabeth Alejandrina Guzmán Hernández¹; Blanca Isadora Morán Díaz²; David Segura Cobos³; Beatriz Vázquez Cruz, en memoria

Resumen

El síndrome metabólico es un conjunto de anormalidades bioquímicas, fisiológicas y antropométricas, que ocurren simultáneamente y pueden asociarse a la resistencia a la insulina y/o sobrepeso u obesidad, que aumentan el riesgo de desarrollar diabetes *mellitus* e hipertensión arterial o ambas. La obesidad produce daño renal de forma secundaria ya que aumenta el riesgo de diabetes *mellitus* e hipertensión arterial, pero también produce daño renal de forma directa a través de alteraciones hemodinámicas, inflamatorias, y desregulación de factores de crecimiento y adipocitocinas. Para el tratamiento del síndrome metabólico no existe un solo fármaco, ya que dependiendo de las comorbilidades asociadas al paciente es como se establece el esquema farmacológico a seguir, por ejemplo: para la obesidad se incluyen cambios en la dieta, ejercicio físico y reducción de estrés, que solo son capaces de lograr una reducción de peso sustancial en una minoría de pacientes. En este trabajo de revisión de la literatura científica se encontraron un total de 23 familias botánicas, 39 géneros y 39 especies que se utilizan en el tratamiento de más de un factor de riesgo asociado al síndrome metabólico (hipertensión arterial, obesidad, dislipidemia, diabetes *mellitus* tipo 2 e inflamación), que se han validado mediante ensayos de farmacología experimental. Plantas como la canela (*Cinnamomum verum*), el colojinto (*Citrullus colocynthis*), la curcumina (*Curcuma longa*), la palmera datilera (*Phoenix dactylifera* L.), el doum (*Hyphaenethebaica*), el ajo (*Allium sativum*), el té verde (*Camellia sinensis*), la goma arábiga (*Acacia senegal*), la jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), el mangostán (*Garcinia mangostana* Linn), el neem (*Azadirachta indica*) y la *Nigella sativa* han sido objeto de estudios en pacientes con síndrome metabólico y se demostró que pueden mejorar más de un factor de riesgo asociado con este síndrome.

Palabras clave: síndrome metabólico, plantas medicinales, farmacología experimental.

Cómo citar: Guzmán, E., Morán, B., Segura, D., Vázquez, B. (2026). Uso de plantas medicinales para el tratamiento del síndrome metabólico. En Altamira, J., Calles, M. (Coord.). *Salud y Género: retos y aportes desde la investigación*. High Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/saludygenero2>

1. <https://orcid.org/0000-0002-2195-2700>, alejandrinaguzman456@yahoo.com.mx | Universidad Nacional Autónoma de México, Carrera de Médico. Cirujano
2. <https://orcid.org/0009-0002-6586-4339>, missato77@gmail.com | Universidad Nacional Autónoma de México, Carrera de Biología.
3. <https://orcid.org/0000-0002-7460-1920>, david.segura@iztacala.unam.mx | Universidad Nacional Autónoma de México, Carrera de Médico.

Use of medicinal plants for the treatment of metabolic syndrome

Abstract

Metabolic syndrome is a cluster of biochemical, physiological, and anthropometric abnormalities that occur simultaneously and may be associated with insulin resistance and/or overweight or obesity, increasing the risk of developing diabetes *mellitus* and/or hypertension. Obesity causes secondary kidney damage by increasing the risk of diabetes *mellitus* and hypertension, but it also causes direct kidney damage through hemodynamic and inflammatory alterations, as well as dysregulation of growth factors and adipocytokines. There is no single drug for treating metabolic syndrome; the pharmacological regimen is determined by the patient's associated comorbidities. For example, for obesity, treatment includes dietary changes, physical exercise, and stress reduction, which are only capable of achieving substantial weight loss in a minority of patients. In scientific literature, a total of 23 botanical families, 39 genera, and 39 species are used in the treatment of more than one risk factor associated with metabolic syndrome (high blood pressure, obesity, dyslipidemia, type 2 diabetes *mellitus*, and inflammation), which have been validated through experimental pharmacology trials. Plants such as cinnamon (*Cinnamomum verum*), colocynth (*Citrullus colocynthis*), curcumin (*Curcuma longa*), date palm (*Phoenix dactylifera* L.), doum (*Hyphaene thebaica*), garlic (*Allium sativum*), green tea (*Camellia sinensis*), gum arabic (*Acacia senegal*), roselle (*Hibiscus sabdariffa*), mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn), neem (*Azadirachta indica*), and *Nigella sativa* have been studied in patients with metabolic syndrome, and it has been demonstrated that they can improve more than one risk factor associated with this syndrome.

Keywords: metabolic syndrome, medicinal plants, experimental pharmacology.

Introducción

A lo largo de los años, el concepto del síndrome metabólico se ha modificado debido a que no solo se delimita por una sola enfermedad, sino a un conjunto de anormalidades bioquímicas, fisiológicas y antropométricas que ocurren simultáneamente y pueden estar asociadas a la resistencia a la insulina y/o sobrepeso u obesidad, que incrementan el riesgo de desarrollar diabetes *mellitus* e hipertensión arterial, o ambas (Ostromęcka *et al.*, 2023).

Uno de los principales factores que contribuyen al desarrollo del síndrome metabólico es el sobrepeso y/o la obesidad; normalmente, se encuentran asociados a factores genéticos, en los que se ha demostrado que, desde la etapa fetal, se empieza a generar preferencia por los sabores dulces. Durante la lactancia, se ha observado que los niños que fueron alimentados con leche de fórmula son más susceptibles a ingerir productos más dulces, en comparación con aquellos niños que solo recibieron leche materna. A partir de los 6 meses de edad, cuando el niño y la niña se ex-

ponen por primera vez a los sabores y texturas, normalmente en el hogar, esta es la primera fuente de contacto con los alimentos ultraprocesados (Chamba Pilay *et al.*, 2024).

La vida universitaria es una etapa de grandes cambios para los jóvenes porque no solo implica sus estudios, sino también un acercamiento a la vida real, en la que adquieren nuevas responsabilidades, autonomía e independencia en la toma de decisiones (Meraz Olea y Jacobo Delgado, 2024); más del 50 % de los estudiantes relacionados con carreras del área de la salud, el bienestar y la nutrición poseen una comprensión adecuada de los estilos de vida saludables, pero solo entre el 15 % y el 20 % practica estos hábitos, ya que la mayoría prefiere comer alimentos ultraprocesados, con un 15 % de azúcares añadidos, producto de refrescos, jugos, néctares de frutas, mermeladas, yogures, panes, bebidas energéticas o golosinas. También es posible encontrar que en la dieta se consuman grasas saturadas y un patrón pobre en fibra, frutas y verduras. La Organización Mundial

de la Salud recomienda una dieta en la que se incluya diariamente el consumo de frutas, verduras, legumbres y grasas saludables en menos del 30 %, como pescado, aguacate, frutos secos y aceite de oliva; además, un consumo de azúcares libres por debajo del 10 % y menos de 5 g de sal (Jiménez Franco *et al.*, 2023). La prevalencia del sobrepeso u obesidad aumenta de acuerdo con la edad; a partir de los 20 años se estima que el 24 % de los jóvenes tiene sobrepeso u obesidad, el 30 % se ubica a partir de los 50 años y más del 40 % por encima de los 60 años (Fragozo Ramos, 2022).

La obesidad como causante del daño renal ¿cuidemos nuestros riñones?

La Organización Mundial de la Salud define a la obesidad en función del índice de masa corporal, que relaciona el peso corporal [kg] dividido por el cuadrado de la altura [m]. En la práctica clínica, es uno de los parámetros que comúnmente se utiliza para determinar si un paciente se encuentra en una situación de sobrepeso u obesidad; sin embargo, puede proporcionar una pobre estimación de la distribución de la grasa corporal. Por ejemplo, en los hombres se encuentra un patrón de tejido adiposo visceral característico de la obesidad tipo androide u obesidad central, mientras que, para el caso de las mujeres, el patrón es de tejido adiposo subcutáneo, común de la obesidad periférica o ginoide. Por lo tanto, actualmente se están utilizando parámetros alternativos para medir de forma más precisa la grasa visceral, que incluyen la circunferencia de la cintura (CC), el índice cintura/cadera (ICC) y cintura/triglicéridos (Powell-Wiley *et al.*, 2021).

La obesidad produce daño renal de forma secundaria, ya que aumenta el riesgo de diabetes *mellitus* e hipertensión arterial, pero también produce daño renal de forma directa a través de alteraciones hemodinámicas, inflamatorias y desregulación de factores de crecimiento y adipocitocinas (Gioochea Diezandino, 2020).

El acúmulo ectópico de lípidos y el depósito de grasa en el seno renal, conocido como riñón graso, aumenta la reabsorción de sodio a nivel del túbulo proximal, lo que implica una disminución de la entrega de sodio a nivel de la mácula densa, la cual se encuentra cercana a las células secretoras de renina. Esto permite que rápidamente sea liberada al plasma sanguíneo la renina y se una con su sustrato, el angiotensinógeno, para formar angiotensina I y, a través de la enzima convertidora de angiotensina, se forme angiotensina II, la cual, mediante su unión a su receptor AT1,

localmente va a producir vasoconstricción sobre la arteriola aferente, lo que causa aumento en el flujo sanguíneo renal y de la tasa de filtración glomerular (Wang *et al.*, 2022).

La hiperfiltración glomerular que se produce después del aumento de peso eventualmente disminuye y puede ser reemplazada por una disminución gradual de la tasa de filtración glomerular, a medida que se producen lesiones renales y pérdida de nefronas en asociación con la hipertensión arterial y la diabetes *mellitus* (Ardiles y Lorca, 2025).

Los cambios estructurales en los riñones ocurren en unas pocas semanas después de un rápido aumento de peso. Por ejemplo, en perros a los que se les administró una dieta alta en grasa durante 9 semanas, se observa una ampliación del espacio de Bowman, aumento de la proliferación de células glomerulares y de la matriz mesangial; estos cambios renales tempranos ocurren con solo hipertensión arterial moderada, sin evidencia de diabetes *mellitus* y anormalidades metabólicas leves. La deposición de la matriz mesangial, el engrosamiento de la membrana glomerular y los cambios fibróticos en la obesidad pueden proteger inicialmente contra el exceso de sobrecarga capilar glomerular, a pesar del aumento de la presión hidrostática glomerular debido a la vasodilatación renal y la presión arterial elevada. Sin embargo, estos cambios glomerulares, si son progresivos, podrían eventualmente afectar la luz glomerular y reducir el área de la superficie de filtración, iniciando una retroalimentación positiva que aumenta aún más la presión arterial y causa lesiones renales adicionales (Gupta y Bhandari, 2025).

Para el tratamiento del síndrome metabólico no existe un solo fármaco, ya que, dependiendo de las comorbilidades asociadas al paciente, es como se establece el esquema farmacológico a seguir. Por ejemplo, para la obesidad se incluyen cambios en la dieta, ejercicio físico y reducción del estrés, que solo son capaces de lograr una reducción de peso sustancial en una minoría de pacientes.

Por ejemplo, para tratar la obesidad se realizan modificaciones en la dieta y se recomiendan al menos 150 min de ejercicio a la semana; sin embargo, cuando esto es insuficiente, se utilizan fármacos como el orlistat y la sibutramina, que se asocian con una pérdida de peso moderada (típicamente de 2 a 10 kg), que puede mantenerse durante dos años si se continúa el tratamiento. El orlistat es un inhibidor de la lipasa gástrica y pancreática que reduce la absorción de grasa pro-

veniente de los alimentos hasta en un 30 %. Actúa inhibiendo reversiblemente las lipasas pancreáticas, gástricas y de carboxiléster, así como la fosfolipasa A₂. Los efectos adversos del orlistat incluyen urgencia fecal, manchado graso y flatulencia (Rajjo *et al.*, 2017).

La sibutramina es un inhibidor de la recaptación de noradrenalina, dopamina y serotonina que actúa como supresor del apetito. Los efectos adversos de la sibutramina incluyen aumentos de la presión arterial y la frecuencia cardíaca, dolor de cabeza, sequedad bucal e insomnio.

En pacientes con cifras de triglicéridos de 200 mg/dl o superiores, con lipoproteínas de alta densidad bajas y lipoproteínas de baja densidad elevadas, se deberá administrar una estatina o añadir otro fármaco reductor del colesterol. Se ha señalado que la combinación de una estatina y un fibrato aumenta el riesgo de miopatía.

El Séptimo Informe del Comité Nacional Conjunto sobre Prevención, Detección, Evaluación y Tratamiento de la Presión Arterial Alta recomienda terapia antihipertensiva para pacientes con presión arterial superior a 140/90 mmHg y para pacientes diabéticos con presión arterial superior a 130/80 mmHg. Los inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina o los antagonistas de los receptores de angiotensina II pueden ser particularmente útiles en pacientes diabéticos (Gupta y Bhandari, 2025).

Uso actual de las plantas medicinales en México para el tratamiento del síndrome metabólico

México ocupa el décimo cuarto lugar del mundo en superficie territorial y alberga el 10% de la biodiversidad terrestre del planeta; se encuentra dentro de los primeros 12 países megadiversos. A partir de 1521, con la colonización de los españoles, la cultura mexicana sufrió una gran transformación, que le suscribía un intercambio de especies animales y vegetales entre ambos continentes. Este intercambio produjo cambios en la cultura de México, pero sin dejar a un lado la estrecha relación con la naturaleza de los pueblos indígenas.

A lo largo de los Estados Unidos Mexicanos se encuentran ubicadas diferentes etnias; por ejemplo, los nahuas (en el estado de Hidalgo) son considerados el grupo indígena más numeroso del país, con una población de millón y medio, seguido de los otomíes, los tepehuas, los tubares, los tobosos, los cocoyomes, los joyas, los conchos, los guazapares, los chinipas, los tarahumaras, los

salineros y los pimas; los rarámuri, en el Estado de Chihuahua. En cada una de estas comunidades existe un médico o curandero, al que acuden las familias para tratar alguna afección en particular (Villanueva-Solís *et al.*, 2020).

De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud, los conocimientos, habilidades y prácticas basados en teorías, creencias o experiencias que son utilizados con fines preventivos, de diagnóstico o tratamiento conforman la medicina tradicional; cabe mencionar que, en esta definición, actualmente los términos medicina complementaria o alternativa no forman parte de la medicina tradicional, aunque en algunos países se utilicen indiscriminadamente estos términos. Debido a la relevancia y al impacto que ha generado el uso de la medicina tradicional en algunos países, actualmente se está convirtiendo en una alternativa para cubrir las necesidades de los servicios de salud (Villanueva-Solís *et al.*, 2020).

En México, de acuerdo con el artículo 224, sección B III, de la Ley General de Salud, cuando se utiliza cualquier parte de la planta (hojas, raíz, tallo, flores, frutos o inflorescencias), cuya eficacia terapéutica y seguridad han sido confirmadas científicamente en la literatura nacional o internacional, se le conoce con el término de fitofármaco. Por lo tanto, al igual que un medicamento convencional, debe cumplir con otras características; entre ellas, se destaca la importancia de no incluir sustancias psicotrópicas o estupefacientes, ni mezclas con otras sustancias prohibidas, como la efedrina. Además, debe contar con un registro en el que se incluya la fecha de caducidad, la dosis, la vía de administración, las reacciones adversas y las indicaciones terapéuticas.

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) estima que existen más de 4000 especies de plantas con propiedades medicinales, lo que representa alrededor del 15 % de la flora en México y el segundo lugar del mundo. De estas, el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) ha documentado 2000 especies de plantas medicinales; sin embargo, solo el 5 % de ellas se ha validado científicamente, por lo que es de suma importancia continuar con la validación de estos efectos. También es importante preservar las plantas para no caer en una sobreexplotación del recurso cuando se utiliza con fines comerciales, ya que esto puede llevar a la pérdida de los ecosistemas; por lo tanto, el desarrollo de protocolos de propagación y producción es importante.

México ha hecho esfuerzos para regularizar

el conocimiento tradicional de las plantas medicinales mexicanas en el marco legal para la producción y comercialización de remedios y medicinas herbales, así como suplementos alimenticios (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios [COFEPRIS] y la Secretaría de Salud) (Villanueva-Solís *et al.*, 2020).

Objetivo

El propósito planteado consistió en conocer las plantas medicinales empleadas en el tratamiento del síndrome metabólico que tengan estudios científicos publicados.

Metodología

Se revisó el acervo hemerográfico de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, para investigar en artículos científicos la existencia de plantas utilizadas en el tratamiento del síndrome metabólico, en el que se revisó que, al menos en estos estudios, se encontraran presentes tres de los cinco factores de riesgo que conforman el síndrome metabólico (resistencia a la insulina, diabetes *mellitus* tipo 2, inflamación, dislipidemia, obesidad e hipertensión arterial). Posteriormente, se acudió al Herbario IZTA de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala para revisar atlas, libros y enciclopedias, de donde se tomó información de la forma de uso, parte utilizada de la planta y estudios farmacológicos.

La información obtenida sobre las plantas utilizadas para el síndrome metabólico se corroboró visitando el Herbario Nacional (MEXU), a cargo del Instituto de Biología de la UNAM; el Herbario Nacional del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS); el Herbario de la Universidad Autónoma de Chapingo (XOLO); el Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN (ENCB); y la biblioteca Dr. Nicolás León del Palacio de la Facultad de Medicina, UNAM.

Con la información obtenida se procedió a realizar una búsqueda de artículos científicos en bases internacionales de datos especializadas, como Science Direct, Medline/PubMed y Google Scholar. Science Direct es un sitio web que proporciona acceso por suscripción a una gran base de datos de búsqueda científica y médica. PubMed fue desarrollada y es mantenida por el Centro Nacional para Información en Biotecnología (National Center for Biotechnology Information, NCBI), en la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos de Norteamérica (U.S. Na-

tional Library of Medicine, NLM), localizada en los Institutos Nacionales de Salud (National Institutes of Health, NIH). Google Académico es un buscador especializado en contenido y bibliografía científico-académica de Google.

Se utilizaron palabras clave específicas, como “Ethnomedicinal + metabolicsyndrome”, “Ethnomedicine + hypertension”, “Ethnobotanical + obesity”, “Ethnomedical + dyslipidemia”, “Ethnopharmacological + diabetes *mellitus*”, “Folk + metabolicsyndrome”, “Traditional + metabolicsyndrome”, “Plants + metabolicsyndrome”, “Herbal + metabolicsyndrome” y “Natural products + metabolicsyndrome”, con la finalidad de obtener información acerca de los estudios preclínicos o clínicos que validen su efecto para el tratamiento del síndrome metabólico. Se consideraron publicaciones realizadas en revistas científicas internacionales con comité editorial, de casas editoriales reconocidas por su seriedad y rigor científico, factor de impacto y cuartiles 1, 2 o 3.

También se tomaron en cuenta los métodos de preparación (decocción, infusión, maceración, emplasto, amuleto u otra); vías de administración: interna (oral, sublingual, intramuscular) y tópica (dérmica, nasal u otra); y parte empleada: hoja, fruto, semilla, raíz, corteza, flores, planta completa, látex y resina.

Resultados

Se obtuvieron un total de 23 familias botánicas, 39 géneros y 39 especies utilizadas en el tratamiento de más de un factor de riesgo asociado al síndrome metabólico (hipertensión arterial, obesidad, dislipidemia, diabetes *mellitus* tipo 2 e inflamación) (Tabla 1).

Tabla 1.

Familias botánicas y nombres científicos y comunes de plantas empleadas en el tratamiento de factores de riesgo asociados al síndrome metabólico

Familia	Nombre científico	Nombre común
Asteraceae	<i>Psacalium decompositum</i>	Matarique
Meliaceae	<i>Swietenia humilis</i> Zucc	Caobilla, semilla del zopilote, venadillo
Malvaceae	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Jamaica
Cucurbitaceae	<i>Ibervillea sonora</i>	Wereke
Fabaceae	<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león
Liliaceae	<i>Allium sativum</i>	Ajo
Liliaceae	<i>Allium cepa</i> Linn	Cebolla
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	Aguacate
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> ,	Naranja
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> ,	Mandarina
Rutaceae	<i>Citrus paradisi</i>	Toronja
Rutaceae	<i>Citrus limon</i>	Limón
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> Linn.	Guayaba
Rosaceae	<i>Malus domestica</i>	Manzana
Cucurbitaceae	<i>Lagenaria siceraria</i>	Calabaza, calabaza de cintura, calabaza, balsa de guicola, acinturio, bule, itsui, pumaxkat, xical, xicale, buli, xomom, kweentu
Araliaceae	<i>Panax ginseng</i> Meyer	Ginseng coreano
Labiaceae	<i>Origanum vulgare</i> L	Orégano
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chaca
Celastraceae	<i>Hippocratea excelsa</i>	Cancerina
Solanaceae	<i>Solanum melongena</i>	Berenjena
Hypericaceae	<i>Hypericum perforatum</i>	Hipérico, hipericón, corazoncillo, hierba de San Juan
Malvaceae	<i>Adansonia digitata</i>	Baobab, árbol del crémor tártaro, árbol del pan de mono
Thymelaeaceae	<i>Aquilaria sinensis</i>	Madera de agar, aloe
Poaceae	<i>Cymbopogon citratus</i>	Zacate limón, limoncillo, hierba de limón
Brassicaceae	<i>Eutrema japonicum</i>	Wasabi
Lauraceae	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Canela de Ceylán, canela verdadera
Rubiaceae	<i>Uncaria tomentosa</i>	Uña de gato
Oleaceae	<i>Ligustrum robustum</i>	Aligustre, ligustro. Trueno, ligustrina
Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i>	Níspero, carampano
Asteraceae	<i>Carthamus tinctorius</i>	Cártamo
Malvaceae	<i>Sterculia apetala</i>	Aceite de canola
Asteraceae	<i>Silybum marianum</i>	Cardo mariano, cardo lechoso, cardo santo
Onagraceae	<i>Oenothera biennis</i>	Planta de la fiebre, estrellita vespertina, gota de sol
Rosaceae	<i>Prunus domestica</i>	Ciruelo
Rosaceae	<i>Prunus persica</i>	Durazno
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Chico zapote
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i>	Anón, ates, o atis, riñón, anona, chirimoya, o saramuy
Leguminosae	<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo

Los estudios del efecto sobre el síndrome metabólico de extractos de plantas, o sus principios activos, generalmente se realizan tanto con ensayos in vivo como in vitro. Para los estudios con animales vivos, generalmente los modelos que se utilizan son mediante la modificación de la dieta; por ejemplo, en el agua y alimento se les pueden administrar carbohidratos (fructosa o sacarosa) en porcentajes que van desde el 20 al 30 %, con un tiempo de exposición de 8, 12 y 16 semanas, en el que se espera el desarrollo de al menos 3 de los 5 factores de riesgo que se han asociado con el desarrollo del síndrome metabólico; normalmente, los animales desarrollan hipertensión arterial, obesidad, dislipidemia y resistencia a la insulina.

Otro modelo que también se utiliza es la dieta alta en grasa; el porcentaje puede variar desde 30 hasta 50 % y 25 % de carbohidratos. Con respecto al tiempo de exposición, pueden ser 6, 8, 12 o 16 semanas, en las que

los animales desarrollan hipertensión arterial y diabetes *mellitus* tipo 2, caracterizada por obesidad y dislipidemia.

Los ensayos in vitro emplean cultivos de líneas celulares, como las de los preadipocitos, que permiten evaluar si los compuestos aislados de los extractos de las plantas medicinales pueden modificar la obesidad.

Para evaluar el efecto sobre la presión arterial se pueden utilizar modelos en animal íntegro, como la rata anestesiada normotensa, o preparaciones in vitro como los anillos de aorta, riñón aislado perfundido o lecho vascular mesentérico, en los que se puede evaluar si los extractos o compuestos aislados de las plantas medicinales tienen efecto sobre los receptores alfa adrenérgicos, bloqueadores de canales de calcio, mecanismos dependientes o independientes de endotelio vascular, inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina y antagonistas de angiotensina II (Tabla 2).

Tabla 2.

Modelos experimentales donde se estudiaron los efectos farmacológicos de los extractos de plantas medicinales empleadas en el tratamiento de factores asociados al síndrome metabólico

Nombre Botánico	Tipo de extracto	Metabolitos secundarios	Modelo in vivo In vitro	Referencias
<i>Psacalium decompositum</i>	Extracto acuoso	Sesquiterpenos de tipo Furanoeremofilanos cacalon, 3-hidroxycacaloide hidroxycacalolide y 3 epi-hidroxycacaloide	Ratones normoglucémicos Modelo de ratón diabético tipo 1 Modelo de síndrome metabólico inducido por fructosa	Jiménez-Estrada <i>et al.</i> , 2021. Merino-Aguilar <i>et al.</i> , 2014
<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	Extracto acuoso Extracto etanólico	Mexicanólidos, acetato de 2-hidroxi-destigloil-6-desoxiswietenina (1), metil-2-hidroxi-3-β-tigloiloxi-1-oxomeliac-8(30)-enato (2) y humilinalida	In vitro en anillos de aorta Modelo de diabetes tipo 2 inducido con estreptozotocina/nicotinamida	Ovalle-Magallanes <i>et al.</i> , 2019 Hernández <i>et al.</i> , 2025
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Extracto acuoso etanólico	Antocianinas y ácido protocatequico	Ratas Wistar macho a las que se les administró sacarosa al 30 % durante 12 semanas	Rodríguez-Fierros <i>et al.</i> , 2021
<i>Ibervillea sonora</i>	Extracto acuoso Decocción	Palmitoiletanolamida y palmitoil-triptamina	Modelo de ratas y ratones diabéticos tipo 1 inducidos por aloxano Modelo murino de obesidad inducido por la ingesta de una dieta alta en calorías durante 8 semanas	Rivera-Ramírez <i>et al.</i> , 2011 Gómez-Guzmán <i>et al.</i> , 2023
<i>Medicago sativa</i>	Extracto metanólico Éter de petróleo fracciones de butanol Extracto acuoso	Saponinas y triterpenoides glicosilados, principalmente derivados del ácido medicagénico, ácido zanhico, ácido lucérnico, hederagenina, bayogenina y soyasapogenoles.	Modelo de ratón obeso inducido con una dieta alta en carbohidratos	Raezadeh <i>et al.</i> , 2022 Ragab <i>et al.</i> , 2023
<i>Taraxacum officinale</i>	Extracto acuoso	Risoeriol y luteolina-7-glucósido, lactonas sesquiterpénicas	Conejos a los que se les administró una dieta alta en colesterol durante 4 semanas Ratones C57BL/6J se les administró una dieta alta en grasas durante 8 semanas Ratas diabéticas tipo 1 inducidas con estreptozotocina o aloxano	Choi <i>et al.</i> , 2010 Idres <i>et al.</i> , 2023

Nombre Botánico	Tipo de extracto	Metabolitos secundarios	Modelo in vivo In vitro	Referencias
Allium sativum	Extracto de ajo envejecido	Alicinina	Pacientes hipertensos durante 12 semanas se les administró extracto de ajo envejecido	Varade <i>et al.</i> , 2024
Allium cepa Linn	Extracto acuoso	Compuestos volátiles como los disulfuros de dialquenilo y los trisulfuros de dialquenilo proporcionan el sabor y el olor característicos mediante la acción de la alinasa S-alquenil-L-cisteína sulfóxido liasa. Los sulfóxidos de cisteína no volátiles como el sulfóxido de S-metil-L-cisteína, el sulfóxido de S-propil-L-cisteína y el sulfóxido de S-alil-L-cisteína.	Cerdos alimentados con dieta alta en grasas durante 12 semanas	Galavi <i>et al.</i> , 2021
Persea americana	Extracto acuoso, metanólico hidroalcohólico	Alcanoles (acetogeninas alifáticas), glucósidos terpenoides	Modelo de ratas albinas con hipercolesterolemia	Chikwendu <i>et al.</i> , 2021
Citrus sinensis Citrus reticulata Citrus paradisi Citrus limon	Extracto acuoso, extracto etanólico	Naringenina	Modelo de ratas con una dieta alta en grasa durante 12 semanas	Kumari <i>et al.</i> , 2025
Psidium guajava Linn.	Extracto acuoso Extracto etanólico Decocción	Taninos, flavonoides, triterpenoides pentacíclicos, guayaverina y quercetina	Modelo de rata anestesiada normotensa Modelo de ratas hipertensas sensibles a sal Modelo de ratas diabéticas tipo 1 inducida con aloxano Pacientes diabéticos tipo 2	Ojewole, 2005 Mathur <i>et al.</i> , 2015 Daswani <i>et al.</i> , 2017
Malus domestica	Extracto etanólico	Floridzina Procianidinas flavonoides, catequina y epicatequina	In vitro en cultivo de células de adipocitos células Caco-2/TC7 Pacientes hipertensos	Kim <i>et al.</i> , 2022
Lagenaria siceraria	Jugo fresco Extracto metanólico	Acido ascórbico, triterpenos, minerales, colina, aminoácidos, complejo de vitamina B, cucurbitacinascucurbitacina, β -glicosidasaelasterasa	Pacientes sanos In vitro células beta pancreáticas Modelo de ratas con dislipidemia Modelo de hipertensión inducida por la administración de dexametasona	Vaibhav <i>et al.</i> , 2016 Sassi <i>et al.</i> , 2019 Saeed <i>et al.</i> , 2022
Panax ginseng Meyer	Cápsulas	Ginseng	Cápsulas administradas durante 8 semanas a pacientes con síndrome metabólico	Aminifard <i>et al.</i> , 2021
Origanum vulgare	Extracto acuoso	Ácidos rosmarínico, cafeico, y cinámico	Modelo de diabetes <i>mellitus</i> tipo 2 inducido por la administración de estreptozotocina/nicotinamida	Lieshchova <i>et al.</i> , 2022
Bursera simaruba	Extracto etanólico	α -amirina, ácidos oleanólico y ursólico Flavonoides: naringenina, floridzina, Ácidos fenólicos: ácido ferúlico, clorogénico, cafeico, ferúlico, gálico, siríngico	Modelo de síndrome metabólico inducido por la administración de fructosa al 20 % durante 18 semanas	Guzmán <i>et al.</i> , 2023
Hippocratea excelsa	Extracto etanólico	Ácidos gálico, clorogénico, cafeico, ferúlico, oleanólico, ursólico, floridzina, naringenina	Modelo de síndrome metabólico inducido por la administración de fructosa al 20 % durante 18 semanas	Guzmán <i>et al.</i> , 2020

Nombre Botánico	Tipo de extracto	Metabolitos secundarios	Modelo in vivo In vitro	Referencias
Solanum melongena	Extracto etanólico	Narigenina, galangina, floridzina, mirecetina, floretina, ácidos ursólico y oleanólico	Modelo de síndrome metabólico inducido por la administración de fructosa al 20 % durante 18 semanas	Hernández <i>et al.</i> , 2024
Hypericum perforatum		Galato de epigallocatequina, hipericina, hiperforina, adiporforina	Modelo de ratón macho C57BL/6 con obesidad a los que se les administraron durante 14 semanas una dieta alta en grasa	Jakubczyk <i>et al.</i> , 2021
Adansonia digitata	Extracto acuoso Extracto hidro-metanólico	Epicatequina, cianidina-3-O-B-glucósido	Ratas Wistar macho a las que se les administró una dieta alta en grasas y carbohidratos durante 6 semanas	Cicolari <i>et al.</i> , 2020 Suliman <i>et al.</i> , 2020
Aquilaria sinensis	Extracto etanólico al 70 %	sesquiterpenos y los derivados de 2-(2-feniletil) cromona	Línea celular 3T3-L1 de preadipocitos	Chae <i>et al.</i> , 2022
Cymbopogon citratus	Extracto acuoso Fibra extraída del fruto de C. citratus	Aceites esenciales que contienen citral (α y β), nerol, geraniol, citronelal, terpinoleno, acetato de geraniol, mirceno y terpinol metilheptenona	Ratas Sprague Dawley macho albino a las que se le administró una dieta alta en grasa durante 4 semanas Línea celular 3T3-L1 preadipocitos	Mashitah <i>et al.</i> , 2024 Nnam <i>et al.</i> , 2024
Eutrema japonicum	Extracto acuoso	isotiocianato de 6-(metilsulfinil) hexilo	Ratas Wistar macho a las que se les administró una dieta alta en grasas y carbohidratos durante 16 semanas	Thomaz <i>et al.</i> , 2022
Cinnamomum zeylanicum	Extracto acuoso	Eugenol, aldehído dehidro, Camphor, alfa-Bergamoteno, (E)-cinnamil acetato, trans-alfa-bergamoteno	Ratas Wistar macho se les administró una dieta alta en grasa y fructosa al 25% durante 8 semanas	Portillo <i>et al.</i> , 2025
Uncaria tomentosa	Extracto acuoso	Glicósidos derivados del ácido quinóico, polifenoles y alcaloides oxindólicos tetracíclicos o pentacíclicos, como pteropodina, isopteropodina, especiofilina, uncarina F, mitrafilina e isomitrafilina.	Ratones alimentados con una dieta alta en grasas administrada durante 8 semanas Ratones ob/ob genéticamente obesos debido a una deficiencia en la liberación de leptina hipoleptinemia	Araujo <i>et al.</i> , 2018 De Freitas <i>et al.</i> , 2023
Ligustrum robustum	Extracto etanólico	Ligustrina	Ratones C57BL/6 fueron alimentados con una dieta alta en grasa durante 16 semanas	Chen <i>et al.</i> , 2021
Eriobotrya japonica	Extracto acuoso	kaempferol, quercetina, galanga, nerol y rutina, ácidos clorogénico, cafeico, ferúlico, gálico y protocatéquico	Ratones C57BL/6 fueron alimentados con una dieta alta en grasa y fructosa durante 6 semanas	Li <i>et al.</i> , 2020
Asteraceae	Extracto de la semilla del cártamo	Cártamo hidroxycartamidinas, hannesol, apigenina, rutina, miricetina, carthamidina e isocarthamidina.	Ratas Sprague Dawley macho a las que se le administró fructosa al 20 % en el agua de beber durante 16 semanas	Nimrouzi <i>et al.</i> , 2020
Sterculia apetala	Extracto de la semilla canola	Nerolidol	Ratas Wistar macho a las que se le administró en el agua de beber 30 % de fructosa durante 8 semanas	Ramírez-Higuera <i>et al.</i> , 2020
Silybum marianum	Extracto de acetato de etilo	Flavonolignanos, conocidos como silimarina silibinina, silicristina, silidianina.	Ratas Wistar macho a las que se le administró una dieta alta en grasa y carbohidratos a través de la ingesta de fructosa al 20 % durante 6 semanas	Awla <i>et al.</i> , 2023

Nombre Botánico	Tipo de extracto	Metabolitos secundarios	Modelo in vivo In vitro	Referencias
Oenothera biennis	Aceite	Ácido gamma-linolénico, ácido linoleico	Ratas Wistar macho albino se le administró durante 2 meses en el agua de beber fructosa al 20%	Mert <i>et al.</i> , 2022
Prunus domestica	Extracto hidroetanólico	Antocianinas, como la cianidina 3-glucósido, cianidina 3-rutinósido, peonidina 3-glucósido y peonidina 3-rutinósido, rutina y la quercetina 3-glucósido, ácido neoclorogénico	Ratas Wistar macho a las que se les administró fructosa al 30% en el agua de beber durante 8 semanas	Ullah <i>et al.</i> , 2022
Prunus persica	Extracto éter de petróleo, acetato de etilo, extracto etanólico	Ácidos cafeoilquínicos (ácido clorogénico), flavonoides (antocianinas, quercetina, kaempferol) y estilbenos	Ratas Wistar machos a las que se les administró en el agua de beber fructosa al 30% durante 6 semanas	Bali <i>et al.</i> , 2025
Manilkara zapota	Extracto acuoso Extracto etanólico	3-O-acil-L-ramnosa, L-arabinosa, 3-O-acetil-D-metilgalacturonato metil 4-O-galoilclorogénico, ácido 4-O-galoilclorogénico, metilclorogénico, dihidromiricetina, quercitrina, miricitrina, catequina, epicatequina, galocatequina ácido gálico.	Ratas Wistar machos a las que se les administró en el agua de beber fructosa al 30 % durante 8 semanas	Barbalho <i>et al.</i> , 2015
Annona squamosa	Extracto acuoso Extracto etanólico	Acetogeninasannonáceas, alcaloides tipo isoquinolina, aporfina, proaporfina y oxoaporfina	Ratas Sprague Dawley machos a las que se les administró fructosa al 20 % en el agua de beber durante 8 semanas	Ansari <i>et al.</i> , 2022
Tamarindus indica	Extracto acuoso	Catenina, procianidina B2 y epicatequina, rutina y la quercetina, ácido tartárico	50 pacientes con síndrome metabólico a los que se les administró el jugo de tamarindo durante 4 semanas	Kiyimba <i>et al.</i> , 2025

Las plantas medicinales son una alternativa que puede utilizarse como coadyuvante a los medicamentos convencionales empleados para tratar los factores de riesgo asociados al síndrome metabólico, como son la obesidad, la hipertensión arterial, la dislipidemia, la diabetes *mellitus* tipo 2 y la inflamación de bajo grado de intensidad; normalmente, la parte que se utiliza con mayor frecuencia son las hojas frescas, quizá porque son más accesibles de obtener para las personas, seguido del fruto, la raíz, las partes aéreas, ramas e inflorescencias.

Los métodos de extracción de los metabolitos secundarios fueron el extracto acuoso, hidroalcohólico, seguido del metanol y el etanol.

Con respecto al mecanismo de acción, la gran mayoría de los metabolitos secundarios activos tienen acciones farmacológicas similares a los medicamentos que comúnmente son utilizados

para los pacientes diabéticos, hipertensos, con obesidad o dislipidemia. Para determinar estas acciones farmacológicas, normalmente se realizan estudios preclínicos en los que se utilizan mamíferos pequeños, como ratas, ratones, conejos, gatos o perros, conocidos como modelos experimentales in vivo, que permiten la aplicación de técnicas de análisis que no pueden emplearse en humanos. También pueden llevarse a cabo técnicas in vitro, como cultivos celulares y órganos aislados. La realización de estos estudios permite orientar estas moléculas hacia posibles usos para la prevención o el tratamiento de una enfermedad específica (Guzmán Hernández *et al.*, 2025).

A continuación, se describen las principales acciones farmacológicas de plantas medicinales que pueden ser utilizadas en el tratamiento de la diabetes *mellitus*, hipertensión arterial, obesidad o dislipidemia.

Por ejemplo, para el tratamiento de la diabetes *mellitus*, los metabolitos secundarios de algunas plantas medicinales contienen un alto contenido de fibra que retarda la absorción de la glucosa; a través de este mecanismo reducen los niveles plasmáticos de glucosa posprandial. Por ejemplo, el nopal (*Opuntia ficus-indica*), *Punicagranatum* (granada), *Tecoma stans* (árbol de la tronadora), piña (*Ananas comosus*), manzana (*Malus domestica*), pera (*Pyrus communis*), melón (*Cucumis melon*), *Plantago indica* (plantago) y *Sweet potato* (camote). Otras plantas medicinales aumentan la liberación de la insulina por alterar péptidos intestinales; por ejemplo, *Ilex paraguariensis* (yerba mate), *Solanum tuberosum* (papa), *Citrus maxima* (toronja), *Momordica charantia* (melón amargo), *Artemisia dracunculus* (estragón), *Fagopyrum esculentum* (alforfón o trigo sarraceno), *Vitis vinifera* (uva) y *Zingiber officinale* (jengibre). Existe un tercer mecanismo a través del cual algunas plantas medicinales ayudan a mantener la glucosa plasmática dentro de la normalidad, mediante el aumento en la sensibilidad tisular a la insulina, o pueden interferir con la gluconeogénesis o la oxidación mitocondrial de los ácidos grasos, como *Acacia angustissima* (guajillo, ángel, acacia de pradera, carboncillo), *Acourtia thurberi* (cola de zorra), *Ageratina petiolaris* (amargocilla), *Annona cherimola* (chirimolla) y *Artemisia ludoviciana* (estafiate).

Para la hipertensión arterial, *Eriobotrya japonica* (níspero), *Eugenia uniflora* (pitanga), *Taraxacum officinale* (diente de león) y *Equisetum arvense* (cola de caballo) tienen efecto antihipertensor diurético. *Bidens pilosa* (chipaca), *Physalis gracilis* (tomatillo), *Cymbopogon citratus* (limoncillo), *Agastache mexicana* (toronjil morado), *Tagetes lucida* (pericón) y *Achillea millefolium* (milennrama) ejercen su acción a través del bloqueo de los canales de calcio; para *Citrus aurantium* (naranja amargo) y *Citrus sinensis* (naranja dulce), su acción es por antagonismo competitivo sobre los receptores β -adrenérgicos. Como inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina se encuentran *Phalaris canariensis* (alpiste), *Zea mays* (maíz), *Boerhavia diffusa* (abrojo) y *Juglans regia* (nogal). Como mecanismo endotelio dependiente mediado por el vasodilatador óxido nítrico/GMPc se encuentran *Psoralea pentaphylla* (contrayerba), *Chiranthodendron pentadactylon* (flor de manita) y *Galphimia glauca* (calderona amarilla).

La modulación del metabolismo de los lípidos es uno de los efectos fisiológicos de los fructooligosacáridos, que reducen principalmente los niveles posprandiales de triglicéridos séricos en humanos

y ratas, y la distribución de lípidos entre las distintas lipoproteínas. Además, mejoran la función de las células beta pancreáticas y la liberación de insulina.

Los fructooligosacáridos los podemos encontrar en *Smallanthus sonchifolius* (yacón) y *Psacaliumpeltatum* (matarique).

El cardo mariano (*Silybum marianum*) reduce la absorción intestinal de colesterol, con reducción de la acil-CoA-colesterol aciltransferasa, que es esencial en el metabolismo lipídico; también puede activar la beta-oxidación de los ácidos grasos en la mitocondria e inhibe la hidroximetilglutaril coenzima A reductasa, lo cual reduce la síntesis de novo de colesterol.

Otras plantas que también inhiben la actividad de la hidroximetilglutaril coenzima A reductasa son *Linum usitatissimum* (linaza), *Camellia sinensis* (té verde) y *Curcuma longa* (cúrcuma); asimismo, el resveratrol es un polifenol natural presente en numerosas plantas y frutos, como cacahuates, moras, arándanos y, sobre todo, en la uva y el vino tinto

Conclusión

El síndrome metabólico es un problema mundial que afecta a millones de personas. Actualmente, se utilizan diferentes medicamentos para cada uno de los factores asociados al síndrome metabólico que presente específicamente cada paciente, ya que puede presentar solo 3 de los factores de riesgo, como son la dislipidemia, obesidad e hipertensión arterial, sin desarrollar diabetes *mellitus*. Sin embargo, existen casos en los que se presentan todos estos factores de riesgo asociados, por lo que es muy frecuente encontrar en estos pacientes, además del efecto que se desea alcanzar, efectos adversos.

El costo y la falta de accesibilidad han llevado a que se busquen otras alternativas de tratamiento, como la medicina tradicional. En plantas como la canela (*Cinnamomum verum*), el coloquinto (*Citrus scolocynthis*), la curcumina (*Curcuma longa*), la palmera datilera (*Phoenix dactylifera* L.), el doum (*Hyphaenethebaica*), el ajo (*Allium sativum*), el té verde (*Camellia sinensis*), la goma arábiga (*Acacia senegal*), el hibisco o jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), el mangostán (*Garcinia mangostana* Linn), el neem (*Azadirachta indica*) y la *Nigella sativa*, se han realizado estudios en pacientes con síndrome metabólico y se ha demostrado que pueden mejorar más de un factor de riesgo asociado al síndrome metabólico.

Referencias

- Aminifard, T., Razavi, B.M., & Hosseinzadeh, H. (2021). The effects of ginseng on the metabolic syndrome: An updated review. *Food Science & Nutrition*, 9(9), 5293–5311. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2475>
- Ansari, P., Hannan, J.M.A., Seidel, V., & Abdel-Wahab, Y.H.A. (2022). Polyphenol-Rich Leaf of *Annona squamosa* Stimulates Insulin Release from BRIN-BD11 Cells and Isolated Mouse Islets, Reduces (CH₂O)_n Digestion and Absorption, and Improves Glucose Tolerance and GLP-1 (7-36) Levels in High-Fat-Fed Rats. *Metabolites*, 12(10), 995. <https://doi.org/10.3390/metabo12100995>
- Araujo, L.C.C., Feitosa, K.B., Murata, G.M., Furigo, I.C., Lucena, C.F., Ribeiro, L.M., Teixeira, S.A., Muscará, M.N., Donato Jr, J., Costa, S.K.P., Bordin, S., Curi, R., & Carvalho, C.R.O. (2018). *Uncaria tomentosa* improves insulin sensitivity and inflammation in experimental NAFLD. *Scientific Reports*, 8, 11013. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29044-y>
- Ardiles, L., & Lorca, E. (2025). Hiperfiltración glomerular: una visión fisiopatológica para entender sus consecuencias y tratamiento (Glomerular hyperfiltration: a pathophysiological view to understand its consequences and treatment). *Revista de Nefrología, Diálisis y Trasplante*, 45(1), 49-58.
- Awla, N.J., Naqishbandi, A.M. y Baqi, Y. (2023). Preventive and Therapeutic Effects of *Silybum marianum* Seed Extract Rich in Silydianin and Silychristin in a Rat Model of Metabolic Syndrome. *ACS Pharmacology & Translational Science*, 6(11), 1715–1723. <https://doi.org/10.1021/acspmts-3c00171>
- Bali, D., Mami-Soualem, Z., Belyagoubi-Benhammou, N., Benzazoua, N., Belarbi, C., Kachekouche, Y., Aldahmash, W., Rahman, M.A., & Harrath, A.H. (2025). Peach leaf extract (*Prunus persica* L.) mitigates metabolic syndrome and oxidative stress in high-fructose diet rats. *Plants*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/plants14091332>
- Barbalho, S.M., Bueno, P.C.S., Delazari, D.S., Guiguer, E.L., Coqueiro, D.P., Araújo, A. C., Souza, M.S.S., Farinazzi-Machado, F.M.V., Mendes, C.G., & Groppo, M. (2015). Antidiabetic and antilipidemic effects of *Manilkara zapota*. *Journal of Medicinal Food*, 18(3), 385-91. <https://doi.org/10.1089/jmf.2013.0170>
- Chae, H.-S., Dale, O., Mir, T.M., Avula, B., Zhao, J., Khan, I.A., & Khan, S.I. (2022). A Multitarget Approach to Evaluate the Efficacy of *Aquilaria sinensis* Flower Extract against Metabolic Syndrome. *Molecules*, 27(3), 629. <https://doi.org/10.3390/molecules27030629>
- Chamba Pilay, V.E., Alvarado Alvarado, R. de las M., Lucina Flores, B.O., & Burgos Calle, M.L. (2024). Explorando factores de riesgo asociados al síndrome metabólico en niños y adolescentes: un análisis en una población de 5 a 18 años (Exploring risk factors associated with metabolic syndrome in children and adolescents: an analysis in a population aged 5 to 18 years). *RECIAMUC*, 8(2), 32-46. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.\(2\).abril.2024.32-46](https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.(2).abril.2024.32-46)
- Chen, M., Zheng, J., Zou, X., Ye, C., Xia, H., Yang, M., Gao, Q., Yang, Q., & Liu, H. (2021). *Ligustrum robustum* (Roxb.) blume extract modulates gut microbiota and prevents metabolic syndrome in high-fat diet-fed mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 25(268) 113695. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113695>
- Chikwendu, J.N., Udenta, E.A. y Nwakaeme, T.C. (2021). Avocado pear pulp (*Persea americana*)-supplemented cake improved some serum lipid profile and plasma protein in rats. *Journal of Medicinal Food*, 24(3), 267–272. <https://doi.org/10.1089/jmf.2020.0017>
- Choi, U.K., Lee, O.H., Yim, J.H., Cho, C.W., Rhee, Y.K., Lim, S.I., & Kim, Y. C. (2010). Hypolipidemic and antioxidant effects of dandelion (*Taraxacum officinale*) root and leaf on cholesterol-fed rabbits. *IJMS*, 11(1), 67-78. <https://doi.org/10.3390/ijms11010067>
- Cicolari, S., Dacrema, M., Tsetegho Sokeng, A.J., Xiao, J., Nwakiban, A.P.A., Di Giovanni, C., Santarcangelo, C., Magni, P., & Daglia, M. (2020). Hydromethanolic Extracts from *Adansonia digitata* L. Edible Parts Positively Modulate Pathophysiological Mechanisms Related to the Metabolic Syndrome. *Molecules*, 25(12), 2858. <https://doi.org/10.3390/molecules25122858>
- Daswani, P.G., Gholkar, M.S., & Birdi, T.J. (2017). *Psidium guajava*: A single plant for multiple health problems of rural Indian population. *Pharmacognosy Reviews*, 11(22), 167–174. https://doi.org/10.4103/phrev.phrev_17_17
- De Freitas-Marchi, B.L., Dos Santos, J.F., Reigado, G.R., Fernandes, M.T.P., Alcalde, F. S. C., Carvalho, C.R.O., & Nunes, V.A. (2023). Effect of *Uncaria tomentosa* aqueous extract on the response to palmitate-induced lipotoxicity in cultured skeletal muscle cells. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 23(412). <https://doi.org/10.1186/s12906-023-04204-4>
- Fragozo Ramos, M. C. (2022). Síndrome metabólico: revisión de la literatura. *Medicina & Laboratorio*, 26(1), 47-62. <https://doi.org/10.36384/01232576.559>
- Galavi, A., Hosseinzadeh, H., & Razavi, B.M. (2021). The effects of *Allium cepa* L. (onion) and its active constituents on metabolic syndrome: A review. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 24(1), 3–16. <https://doi.org/10.22038/ijbms.2020.46956.10843>
- Gómez-Guzmán, A., Ramírez-Sotelo, M.G., Oliver-Salvador, M.D.C., García-Salas, S., Cornejo-Garrido, J., & Ordaz-Pichardo, C. (2023). Actividad anti-hiperglucémica del extracto acuoso de células producidas en cultivo celular de *Ibervillea sonora* (S. Watson) Green en un modelo murino [Anti-hyperglycemic activity of aqueous extracts of cells produced in *Ibervillea sonora*(S. Watson) Green cell culture on murine model]. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 22(1), 68-85. <https://doi.org/10.37360/blacpma.23.22.1.6>
- Goicoechea Diezhandino, Marian. (2020). Obesidad y Progresión de la Enfermedad Renal. En: Lorenzo V., López Gómez JM (Eds). *Nefrología al día*. ISSN: 2659-2606. Disponible en: <https://www.>

- Gupta, H., & Bhandari, U. (2025). Molecular Insight into Obesity-Associated Nephropathy: Clinical Implications and Possible Strategies for its Management. *Current Drug Targets*, 26(3), 188-202. <https://doi.org/10.2174/0113894501314788241008115712>
- Guzmán Hernández, E.A., Chirino Galindo, G., San Miguel Chávez, R., Castro Moreno, P., Ibarra Barajas, M., Villamar Duque, T.E., Heredia Antúnez, A.P., del Valle Mondragón, L., Magos Guerrero, G.A., & Segura Cobos, D. (2025). Antioxidant, antidiabetic, and vasorelaxant effects of ethanolic extract from the seeds of Swietenia humilis. *IJMS*, 26(5), <https://doi.org/10.3390/ijms26052063>
- Guzmán Hernández, E.A., Díaz Portillo, S.A., Villafuerte Anaya, Ó.C., González Valle, M. D.R., Benítez Flores, J.D.C., San Miguel Chávez, R., Chirino Galindo, G., del Valle Mondragón, L., Segura Cobos, D., Magos Guerrero, G.A., & López Sánchez, P. (2020). Renoprotective and hepatoprotective effects of Hippocratea excelsa on metabolic syndrome in fructose-fed rats. *Farmacia*, 68(6), 1106–1119. <https://doi.org/10.31925/farmacia.2020.6.19>
- Guzmán Hernández, E., González Valle, M.D.R., Benítez Flores, J.C., Garian Aguilar, M. E., San Miguel Chávez, R., Hernández Martínez, M.D., del Valle Mondragón, L., Segura Cobos, D., Magos Guerrero, G.A., & López Sánchez, P. (2024). Effect of Solanum melongena on components and kidney damage of fructose-induced metabolic syndrome in rats. *IJPR*, 22(1):e139144. <https://doi.org/10.5812/ijpr-139144>
- Guzmán Hernández, E.A., Segura Cobos, D., González Valle, M.D.R., Benítez Flores, J.D. C., San Miguel Chávez, R., del Valle Mondragón, L., Magos Guerrero, G. A., & López Sánchez, P. (2023). Antihypertensive, antidiyslipidemic, and renoprotective effects of Bursera simaruba on metabolic syndrome. *IJBMS*, 26(4), 414–419. doi: 10.22038/IJBMS.2023.66530.14601.
- Idres, A.Y., Tousch, D., Dhuyque-Mayer, C., Hammad, I., Lambert, K., Cazals, G., Portet, K., Ferrare, K., Bidel, L.P.R., & Poucheret, P. (2023). An original Asteraceae based infused drink prevents metabolic syndrome in fructose-rat model. *Antioxidants*, 12(2), 340. <https://doi.org/10.3390/antiox12020340>
- Jakubczyk, A., Kiersnowska, K., Ömeroğlu, B., Gawlik-Dziki, U., Tutaj, K., Rybczyńska-Tkaczyk, K., Szydłowska-Tutaj, M., Złotek, U., & Baraniak, B. (2021). The influence of Hypericum perforatum L. addition to wheat cookies on their antioxidant, anti-metabolic syndrome, and antimicrobial properties. *Foods*, 10(6), 1379. <https://doi.org/10.3390/foods10061379>
- Jiménez-Estrada, M., Huerta-Reyes, M., Tavera-Hernández, R., Alvarado-Sansineia, J.J., & Alvarez, A.B. (2021). Contributions from Mexican flora for the treatment of diabetes mellitus: Molecules of Psacalium decompositum (A. Gray) H. Rob & Brettell. *Molecules*, 26(10), 2892. <https://doi.org/10.3390/molecules26102892>
- Jiménez Franco, L.E., Gutiérrez Pérez, D.M., León Regal, M.L., González Martínez, C., Baños Leyva, L., & Matos Olivera, A. (2023). Mecanismos fisiopatológicos de asociación entre síndrome metabólico e hipertensión arterial: una actualización (Physiopathological Mechanisms of Association between Metabolic Syndrome and Arterial Hypertension: an Update). *Revista Finlay*, 13(1), 95-103. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2221-24342023000100095&lng=es&tling=es.
- Kim, S.J., Anh, N.H., Jung, C.W., Long, N.P., Park, S., Cho, Y.H., Yoon, Y.C., Lee, E.G., Kim, M., Son, E.Y., Kim, T.H., Deng, Y., Lim, J., & Kwon, S.W. (2022). Metabolic and cardiovascular benefits of apple and apple-derived products: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front. Nutr.*, 9:766155. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.766155>
- Kiyimba, T., Kigozi, F., Yiga, P., Nabbanja, W., Ogwok, P., Bamuwamy, M., Nakatudde, K., Cabooter, D., Verdonck, T., Van der Schueren, B., & Matthys, C. (2025). Effect of tamarind (Tamarindus indica L.) on the cardiometabolic health of patients living with HIV and elevated triglyceride levels: A dose-response double-blind, randomized exploratory trial. *Food & Function*, 16(11) 4343-4355. <https://doi.org/10.1039/d4fo03595j>
- Kumari, P., Barbhuiya, P.A., & Pathak, M.P. (2025). Therapeutic Potential of Citrus Species Against Metabolic Syndrome: Insights from Preclinical and Clinical Studies. *Current Nutrition Reports*, 14(101). <https://doi.org/10.1007/s13668-025-00691-8>
- Li, F., Li, Y., Li, Q., & Shi, X. (2020). Eriobotrya japonica leaf triterpenoid acids ameliorate metabolic syndrome in C57BL/6J mice fed with high-fat diet. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 132, 110866. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110866>
- Lieshchova, M., & Brygadyrenko, V. (2022). Effects of Origanum vulgare and Scutellaria baicalensis on the physiological activity and biochemical parameters of the blood in rats on a high-fat diet. *Scientia Pharmaceutica*, 90(3), 49. <https://doi.org/10.3390/scipharm90030049>
- Mashitah, M.W., Widodo, N., Permatasari, N., & Rudijanto, A. (2024). Anti-obesity activity of Cymbopogon citratus (lemongrass): A systematic review. *Journal of Pharmacy Pharmacognosy Research*, 12 (6), 1090-1110. https://doi.org/10.56499/jppres24.1989_12.6.1090
- Mathur, D., Dutta, S., Velpandian, T., & Mathur, S.R. (2015). Psidium guajava Linn. leaf extract affects hepatic glucose transporter-2 to attenuate early onset of insulin resistance consequent to high fructose intake: An experimental study. *Pharmacognosy Research*, 7(2), 166–175. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25829790/>
- Meraz Olea, O., & Jacobo Delgado, D.P. (2024). Sobre peso, obesidad y la relación con la vida universitaria (Overweight, obesity and its relationship with university life). *Psic-Obesidad*, 14(53), 30-34. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/4163288>
- Merino-Aguilar, H., Arrieta-Baez, D., Jiménez-Estrada, M., Magos-Guerrero, G., Hernández-Bautista, R.J., Susunaga-Notario, A.C., Almanza-Pérez, J.C., Blancas-Flores, G., Román-Ramos, R., & Alarcón-Aguilar, F.J. (2014). Effect of fructooligosaccharides fraction from Psacalium decompositum on inflammation and dyslipidemia in rats with fructose-induced obesity. *Nutrients*, 6(2), 591–604. <https://doi.org/10.3390/nu6020591>

- Mert, H., İrak, K., Çibuk, S., Yildirim, S., & Mert, N. (2022). The effect of evening primrose oil (*Oenothera biennis*) on the level of adiponectin and some biochemical parameters in rats with fructose induced metabolic syndrome. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 128(6), 1539-1547. <https://doi.org/10.1080/13813455.2020.1781900>
- Ngozi, M.N., Okorie, I.J., & Okorie, A. C. (2024). Effect of Aqueous Extract of *Cymbopogon citratus* on Blood Glucose Level, Lipid Profile and Histology of Diabetic Rats. *International Journal of Nutrition Sciences*, 9(2), 149-158. <https://doi.org/10.30476/ijns.2024.101945.1310>
- Nimrouzi, M., Ruyvaran, M., Zamani, A., Nasiri, K., & Akbari, A. (2020). Oil and extract of safflower seed improve fructose induced metabolic syndrome through modulating the homeostasis of trace elements, TNF- α and fatty acids metabolism. *J Ethnopharmacol*, 23 254:112721. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112721>
- Ojewole, J. A. O. (2005). Hypoglycemic and hypotensive effects of *Psidium guajava* Linn. (Myrtaceae) leaf aqueous extract. *Methods and Findings in Experimental and Clinical Pharmacology*, 27(10), 689-695. <https://doi.org/10.1358/mf.2005.27.10.948917>
- Ostromęcka, A., Sochacka-Tatara, E., & Pac, A. (2023). Prevalence of metabolic syndrome and improper nutritional status among adolescents. *Folia Medica Cracoviensia*, 63(2), 149-163. <https://doi.org/10.24425/fmc.2023.145919>
- Ovalle-Magallanes, B., Navarrete, A., Haddad, P.S., Tovar, A.R., Noriega, L.G., Tovar-Palacio, C., & Mata, R. (2019). Multi-target antidiabetic mechanisms of mexicanolides from *Swietenia humilis*. *Phytomedicine*, 5858. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2019.152891>
- Portillo-Rentería, G., del Toro-Equihua, M., Sánchez-Meza, K., Ríos-Silva, M., Siqueiros, J.-A., Urbarrén, J., & Cárdenas, Y. (2025). Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) aqueous extract regulates the parameters of metabolic syndrome in a model of Wistar rats with a diet high in fat and fructose. *Journal of Medicinal Food*, 28(3), 299-303. <https://doi.org/10.1089/jmf.2024.0227>
- Powell-Wiley, T.M., Poirier, P., Burke, L.E., Després, J.-P., Gordon-Larsen, P., Lavie, C. J., Lear, S.A., Ndumele, C.E., Neeland, I.J., Sanders, P., & St-Onge, M.-P. (2021). Obesity and cardiovascular disease: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 143(21), e984–e1010. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000973>
- Raeeshzadeh, M., Beheshtipour, J., Jamali, R., & Akbari, A. (2022). The antioxidant properties of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and its biochemical, antioxidant, anti-inflammatory, and pathological effects on nicotine-induced oxidative stress in the rat liver. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2022(1). <https://doi.org/10.1155/2022/2691577>
- Ragab, S., Radad, E., & Khateib, B. (2023). Potential Therapeutic Effects of Alfalfa (*Medicago sativa*, L) Extracts on Oxidative/Antioxidative Status in Diabetic Rats. *J Home Econ*, 33(4), 1-14. <https://doi.org/10.21608/mkas.2023.215408.1231>
- Rajjo T., Mohammed K., Alsawas M., Ahmed A.T., Farah W., Asi N., Almasri J., Prokop L.J., & Murad M.H. (2017). Treatment of Pediatric Obesity: An Umbrella Systematic Review. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 102(3) 763-775. <https://doi.org/10.1210/jc.2016-2574>
- Ramírez-Higuera, A., Peña-Montes, C., Herrera-Meza, S., Mendoza-López, R., Valerio-Alfaro, G., y Oliart-Ros, R. M. (2020). Preventive Action of Sterculic Oil on Metabolic Syndrome Development on a Fructose-Induced Rat Model. *Journal Medicinal Food*, 23(3), 305–311. <https://doi.org/10.1089/jmf.2019.0177>
- Rivera-Ramírez, F., Escalona-Cardoso, G. N., Garduño-Siciliano, L., Galaviz-Hernández, C., & Panigagua-Castro, N. (2011). Antiobesity and hypoglycaemic effects of aqueous extract of *Ibervillea sonora* in mice fed a high-fat diet with fructose. *Biomed Research International*, 2011(1). <https://doi.org/10.1155/2011/968984>
- Rodríguez-Fierros, F. L., Guarnier-Lans, V., Soto, M. E., Manzano-Pech, L., Díaz-Díaz, E., Soria-Castro, E., Rubio-Ruiz, M. E., Jiménez-Trejo, F., & Pérez-Torres, I. (2021). Modulation of renal function in a metabolic syndrome rat model by antioxidants in *Hibiscus sabdariffa* L. *Molecules*, 26(7), 2074. <https://doi.org/10.3390/molecules26072074>
- Saeed, M., Khan, M. S., Amir, K., Bi Bi, J., Asif, M., Madni, A., Kamboh, A. A., Manzoor, Z., Younas, U., & Chao, S., (2022). *Lagenaria siceraria* fruit: A review of its phytochemistry, pharmacology, and promising traditional uses. *Frontiers in Nutrition*, 9, 927361. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.927361>
- Sassi, A., Khan Khattak, M. M. A., & Taher, M. (2019). Bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) extracts improve glucose and lipid metabolism in 3T3-L1 adipocytes. *Progress in Nutrition*, 21(2-S), 239. <https://www.mattioli1885journals.com/index.php/progressinnutrition/article/view/6367>
- Suliman, H. M., Osman, B., Abdoon, I. H., Saad, A. M., & Khalid, H. (2020). Ameliorative activity of *Adansonia digitata* fruit on high sugar/high fat diet-simulated Metabolic Syndrome model in male Wistar rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 125, 109968. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.109968>
- Thomaz, F. S., Tan, Y. P., Williams, C. M., Ward, L. C., Worrall, S., & Panchal, S. K. (2022). Wasabi (*Eutrema japonicum*) reduces obesity and blood pressure in diet-induced metabolic syndrome in rats. *Foods*, 11(21), 3435. <https://doi.org/10.3390/foods11213435>
- Ullah, H., Sommella, E., Santarcangelo, C., D'Avino, D., Rossi, A., Dacrema, M., Di Minno, A., Di Matteo, G., Mannina, L., Campiglia, P., Magni, P., & Daglia, M. (2022). Hydroethanolic extract of *Prunus domestica* L.: Metabolite profiling and in vitro modulation of molecular mechanisms associated to cardiometabolic diseases. *Nutrients*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/nu14020340>
- Vaibhav, A., Singh, J. P., & Singh, O. P. (2016). Role of *Lagenaria siceraria* fruit juice in overweight and obesity. *IJRR*, 3(7), 6-11. https://www.ijrrjournal.com/IJRR_Vol.3_Issue.7_July2016/IJRR002
- Varade, S., Nadella, M., Hirake, A., Mungase, S. B., Ali, A., & Adela, R. (2024). Effect of garlic on the components of metabolic syndrome: A systematic review and meta-analysis of randomized contro-

- lled trials. *Journal of Ethnopharmacology*, 318(Part B). <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.116960>
- Villanueva-Solís, I., Arreguín-Sánchez, M. L., Quiroz-García, D. L., & Fernández-Nava, R. (2020). Plantas medicinales que se comercializan en el mercado 8 de julio y uno tradicional, ambos localizados en el Centro de Actopan, Hidalgo, México (Medicinal plants sold at the July 8th market and a traditional market, both located in the center of Actopan, Hidalgo, Mexico). *Polibotánica*, 50(25), 209-226. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.50.14>
- Wang, M., Wang, Z., Chen, Y., & Dong, Y. (2022). Kidney Damage Caused by Obesity and Its Feasible Treatment Drugs. *IJMS*, 23(2), 747. <https://doi.org/10.3390/ijms23020747>

Cáncer de cérvix: red de interacciones entre el VPH, el microbioma y la inflamación

Isabel Soto-Cruz¹; Paola Katherine Castelan-Silva²; María del Carmen Lagunas-Cruz³; Adriana Gutiérrez-Hoya⁴; Arturo Valle-Mendiola⁵

Resumen

El cáncer de cérvix representa un problema de salud pública en México. La infección crónica y la inflamación contribuyen con el 25 % de todos los casos de cáncer en el mundo. El cáncer de cérvix se asocia con la infección por el virus del papiloma humano y con alteraciones en el microbioma cervical que inducen el desarrollo de un ambiente pro-inflamatorio. El objetivo de esta revisión es analizar las interacciones entre el hospedero, el VPH, las comunidades microbianas, la inflamación, y su participación en la carcinogénesis cervical. Se realizó una búsqueda sistemática en PubMed y Scopus y seleccionamos 124 artículos con información sobre los cambios inducidos por el VPH, el microbioma y la inflamación para promover la oncogénesis. En esta revisión describimos información actualizada sobre aspectos moleculares del VPH, del microbioma, de la inflamación y su relación en el desarrollo del cáncer de cérvix, ya que es importante conocer las moléculas esenciales para la oncogénesis y cómo su control ayudaría a prevenir el cáncer. Aún tenemos muchas preguntas sin respuesta. La información sobre esta red de interacciones complejas ofrece nuevas oportunidades para prevenir el cáncer, marcadores para la detección temprana, y tratamientos de la inflamación asociada con el cáncer.

Palabras clave: cáncer de cérvix, virus del papiloma humano (VPH), microbioma, inflamación, oncogénesis.

Cómo citar: Soto-Cruz, I., Castelan-Silva, K., Lagunas-Cruz, M., Gutiérrez-Hoya, A., Valle-Mendiola, A. (2026). Cáncer de cérvix: red de interacciones entre el VPH, el microbioma y la inflamación. En Altamira, J., Calles, M. (Coord.). *Salud y Género: retos y aportes desde la investigación*. High Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/saludygenero3>

1. <https://orcid.org/0000-0001-5115-3654>, sotocruz@unam.mx | Laboratorio de Oncología Molecular, Unidad de Investigación en Diferenciación Celular y Cáncer, FES Zaragoza, UNAM. Batalla 5 de mayo esquina Fuerte de Loreto, Colonia Ejército de Oriente 09230, Ciudad de México, México.
2. <https://orcid.org/0009-0006-9176-7427>, katherinesilva280301@gmail.com | Laboratorio de Oncología Molecular, Unidad de Investigación en Diferenciación Celular y Cáncer, FES Zaragoza, UNAM. Batalla 5 de mayo esquina Fuerte de Loreto, Colonia Ejército de Oriente 09230, Ciudad de México, México.
3. <https://orcid.org/0000-0001-8331-2971>, lagunascruzmaryc@comunidad.unam.mx | Laboratorio de Oncología Molecular, Unidad de Investigación en Diferenciación Celular y Cáncer, FES Zaragoza, UNAM. Batalla 5 de mayo esquina Fuerte de Loreto, Colonia Ejército de Oriente 09230, Ciudad de México, México.
4. <https://orcid.org/0000-0003-0408-8030>, adrianagh85@hotmail.com | Investigadora por México, SECIHTI. Laboratorio de Oncología Molecular, Unidad de Investigación en Diferenciación Celular y Cáncer, FES Zaragoza, UNAM. Batalla 5 de mayo esquina Fuerte de Loreto, Colonia Ejército de Oriente 09230, Ciudad de México, México.
5. <https://orcid.org/0000-0001-6782-4547>, arturo.valle@zaragoza.unam.mx | Laboratorio de Oncología Molecular, Unidad de Investigación en Diferenciación Celular y Cáncer, FES Zaragoza, UNAM. Batalla 5 de mayo esquina Fuerte de Loreto, Colonia Ejército de Oriente 09230, Ciudad de México, México.

Cervical cancer: A network of interactions between HPV, the microbiome, and inflammation

Abstract

Cervical cancer represents a public health problem in Mexico. Chronic infection and inflammation account for 25 % of all cancer cases worldwide. Cervical cancer is associated with human papillomavirus (HPV) infections as well as an altered vaginal microbiome. Persistent HPV infection and changes in the cervicovaginal microbiome can induce a pro-inflammatory microenvironment. The goal of this review is to analyse the interactions between the host, HPV, the microbial communities, inflammation, and their role in cervical cancer progression. We performed a systematic search of PubMed and Scopus and selected 124 papers that provide information on the many changes induced by HPV infection, the microbiome, and inflammation that promote oncogenesis. In this review, we describe the current knowledge of the molecular aspects of HPV, the microbiome, and inflammation, as it is important to have a clear description of all the molecules involved in oncogenesis and how controlling them could help prevent cancer development. There are still many questions that need an answer. The information about this complex network of interactions offers new opportunities for cancer prevention, biomarkers for early detection, and treatments for cancer-related inflammation.

Keywords: cervical cancer, human papillomavirus (HPV), microbiome, inflammation, oncogenesis.

Introducción

El cáncer de cérvix es el cuarto tipo de cáncer más común entre las mujeres, con la mayor incidencia y mortalidad a nivel mundial. Su pronóstico es malo, especialmente cuando el cáncer se detecta en una etapa avanzada. En 2022, GLOBOCAN reportó 662301 casos de cáncer de cérvix y 348874 muertes, con una alta prevalencia en los últimos cinco años (Ferlay *et al.*, 2024). En México, el cáncer ocupa el segundo lugar como causa de muerte; en particular, el carcinoma de cérvix representa un problema de salud pública, ya que ocupa el segundo lugar en frecuencia de todas las neoplasias malignas y, junto con el cáncer de la glándula mamaria, corresponde aproximadamente al 50 % de todos los tumores malignos en la mujer mexicana (Ferlay *et al.*, 2024). Aunque el cáncer de cérvix es una enfermedad que se puede prevenir, una gran cantidad de mujeres morirán a consecuencia del carcinoma cervical en los próximos años debido a numerosos factores que incluyen, entre otros, el diagnóstico inadecuado. Las opciones de tratamiento para las pacientes con cáncer de cérvix varían de acuerdo con el estado en el cual se detecta, pero aún son limitadas. Por ejemplo, el estadio IA1 se trata con conización o histerectomía. Los estadios IA2, IB y IIA se pueden

tratar con histerectomía radical y linfadenectomía; las pacientes con cáncer local o avanzado son tratadas con quimioterapia a base de cisplatino. Sin embargo, el riesgo de una recaída es del 10 al 20 % en las etapas tempranas y del 50 al 70 % en las fases avanzadas del cáncer. No obstante, el cisplatino tiene una tasa de respuesta del 13 % (monoterapia) y del 36 % con terapia dual; por esta razón, se han generado nuevas estrategias que combinan fármacos quimioterapéuticos con anticuerpos monoclonales que reconocen moléculas esenciales para el crecimiento del tumor, tales como los anticuerpos antifactor de crecimiento vascular endotelial (Bevacizumab), que mejoran la respuesta hasta en un 48 %. Sin embargo, las opciones son limitadas en el caso de las recaídas, lo que hace necesario buscar nuevos blancos terapéuticos para mejorar el pronóstico en pacientes con cáncer avanzado (Duranti *et al.*, 2021).

La vacunación ha ayudado a reducir la prevalencia del cáncer de cérvix. En la actualidad existen tres vacunas aprobadas para el virus del papiloma humano (VPH), aunque no tienen efecto terapéutico en infecciones ya existentes; se recomienda su aplicación a mujeres y hombres entre 9 y 12 años, con mayor protección si se aplica antes

de que empiece la vida sexual activa. Gardasil es una vacuna tetravalente contra HPV6, HPV11, HPV16 y HPV18. Cervarix es una vacuna bivalente contra HPV16 y HPV18. Gardasil 9 es una vacuna nonavalente contra HPV6, HPV11, HPV16, HPV18, HPV31, HPV33, HPV45, HPV52 y HPV58. La introducción de las vacunas profilácticas para VPH muestra una reducción en la prevalencia de VPH y de enfermedades relacionadas con el VPH, tales como verrugas genitales, neoplasia intraepitelial cervical y cáncer de cérvix (Wang *et al.*, 2020). Es evidente que el examen de Papanicolaou y la vacuna contra el VPH han ayudado a reducir los casos de cáncer de cérvix en los países desarrollados; sin embargo, el cáncer de cérvix aún representa un problema de salud pública que afecta a las mujeres adultas de mediana edad, principalmente en países en vías de desarrollo (Ferlay *et al.*, 2024; Bray *et al.*, 2018).

La principal causa que lleva al desarrollo del cáncer de cérvix es la infección persistente con virus del papiloma humano de alto riesgo; los tipos más comunes de estos virus son 16, 18, 31, 33, 35, 45, 52 y 58. De estos, los tipos VPH16 y VPH18 causan entre el 70 y el 72 % de los cánceres cervicales invasivos (de Sanjose *et al.*, 2010). Los virus de alto riesgo tienen dos oncoproteínas, E6 y E7, necesarias para establecer y desarrollar el cáncer de cérvix. Las proteínas reguladoras pRb y p53 son los blancos más conocidos de E6 y E7, respectivamente. Sin embargo, existen otros blancos, ya que E6 y E7 regulan marcas epigenéticas, cambios de empalme y generan ARN reguladores de la transcripción, entre otros cambios que permiten a los virus replicarse de una manera descontrolada y llevar a los procesos de transformación y carcinogénesis (Songock *et al.*, 2017; Yeo-The *et al.*, 2018; Sharma y Munger, 2020; Zheng y Wang, 2011).

Después de la infección con el VPH, el desarrollo del tumor no progresa de manera uniforme; las lesiones precancerosas pueden desaparecer sin tratamiento alguno por razones aún desconocidas (Carter *et al.*, 2011). La infección persistente con VPH activa cambios moleculares que inhiben la respuesta inmune mediada por células y bloquean la eliminación de la infección y de células anormales (Moerman-Herzog y Nakagawa, 2015). La infección con VPH de alto riesgo se considera necesaria, pero no suficiente, para llevar al desarrollo del cáncer de cérvix (Muñoz *et al.*, 2003). Existen diferentes factores de riesgo, tales como el inicio temprano de la actividad sexual, la multiparidad y la irrigación vaginal; además de factores biológicos como la vaginosis bacteriana (Gillet *et al.*, 2011; Guo *et al.*, 2012), la mala nutrición o las

infecciones de transmisión sexual (Vriend *et al.*, 2015), que alteran el microambiente vaginal y contribuyen a la persistencia de la infección con VPH y a un ambiente inflamatorio (Clarke *et al.*, 2012).

Para el desarrollo de esta revisión se realizó una búsqueda sistemática en las bases de datos PubMed y Scopus utilizando diversos descriptores relacionados con las palabras clave. Se seleccionaron 124 artículos que incluyen información sobre las moléculas asociadas con los cambios inducidos por el VPH, los componentes del microbioma y las causas de la inflamación para promover el desarrollo del cáncer de cérvix. En esta revisión analizamos la compleja red de interacciones entre el VPH, el microbioma vaginal y la inflamación para inducir cambios involucrados en el desarrollo del cáncer de cérvix.

Mecanismos moleculares de la oncogénesis

El virus del papiloma humano (VPH) como agente etiológico

La asociación entre el VPH y el cáncer de cuello uterino es una de las más estudiadas y consistentes en la cancerología actual. Múltiples estudios y análisis epidemiológicos han demostrado que el VPH es el principal factor de riesgo y se le atribuye la causa de casi todos los casos de cáncer de cuello uterino, con estimaciones que varían entre el 91 % y el 99.7 %. Esta relación se considera necesaria, lo que significa que la infección persistente por el VPH es un requisito para que se desarrolle la enfermedad, aunque no es suficiente por sí sola.

Después de la infección por VPH, la carcinogénesis no progresa de manera uniforme; la displasia precancerosa puede desaparecer sin tratamiento por razones aún no claras (Carter *et al.*, 2011). Sin embargo, la infección persistente por VPH inicia una cadena de reacciones que suprimen la respuesta inmune celular y evitan la eliminación de la infección y la destrucción de las células anormales (Moerman-Herzog y Nakagawa, 2015). No obstante, una infección por un virus de alto riesgo se considera necesaria, pero no suficiente, para iniciar el desarrollo del cáncer de cérvix; la oncogénesis es un proceso multifactorial que depende de la interacción entre el virus y una serie de cofactores del hospedero y del entorno (Muñoz *et al.*, 2003). Los factores mecánicos, como las duchas vaginales o las múltiples parejas, así como factores biológicos como la vaginosis bacteriana (VB) (Guillet *et al.*, 2011; Guo *et al.*, 2012) o las infecciones venéreas

transmisibles (Vriend *et al.*, 2015), alteran el microambiente vaginal y son cofactores en la persistencia de una infección por VPH (Clarke *et al.*, 2012; Guijon *et al.*, 1992). También se ha propuesto que el microbioma vaginal anormal juega un papel importante en el desarrollo de las neoplasias cervicales (Yeo-The *et al.*, 2018; Kyrgiou *et al.*, 2016). El tabaquismo aumenta aproximadamente al doble el riesgo de cáncer de cuello uterino en mujeres fumadoras en comparación con las no fumadoras. Se cree que el tabaco debilita el sistema inmune, haciéndolo menos eficaz en la lucha contra las infecciones por VPH, y que los subproductos químicos del tabaco pueden dañar directamente el ADN de las células cervicales.

Virus del papiloma humano

El virus del papiloma humano (VPH) tiene un ADN de doble cadena circular con un tamaño de 7 500 a 8 000 pares de bases, el cual está asociado con proteínas (histonas H2A, H2B, H3 y H4) en una estructura tipo cromatina. Este virus pertenece a la familia Papovaviridae, que incluye el género Papillomavirus. Las partículas del VPH forman una cápside icosaédrica compuesta por dos proteínas estructurales (L1 y L2), con un diámetro de entre 52 y 55 nm. La cápside viral contiene proteínas L1 altamente conservadas que forman capsómeros pentaméricos en un arreglo con número 7 de triangulación. Se han aislado varios genotipos de VPH (más de 229), se han secuenciado y categorizado; además, se ha determinado que alrededor de 40 subtipos de VPH infectan la mucosa anogenital (Ribeiro *et al.*, 2018).

El genoma del VPH se divide en tres regiones diferentes: una región reguladora no codificante (1 kb), denominada región larga de control (LRC, por sus siglas en inglés); una región que incluye los genes de expresión temprana (E1, E2, E4, E5, E6 y E7), que codifican proteínas que no son parte de la estructura viral; y una región que contiene los genes de expresión tardía, los cuales codifican las proteínas estructurales (L1 y L2). El genoma viral contiene 9 o 10 marcos de lectura abierta, localizados en una sola hebra del ADN genómico en todos los virus del papiloma (Ribeiro *et al.*, 2018). Las proteínas E1 y E2 regulan la transcripción del ADN viral, así como la replicación que lleva a la amplificación del genoma viral. Las proteínas E4, E5, E6 y E7 están involucradas en procesos celulares importantes, tales como la evasión del sistema inmune, la desregulación de los puntos de control del ciclo celular y el reclutamiento de factores del hospedero para la replicación. Las proteínas

tardías L1 y L2 constituyen la cápside (Tabla 1).

Tabla 1.
Funciones de las proteínas del VPH

Proteína	Función
E1	ATPasa y DNA helicasa. La proteína se une a elementos específicos del ADN en el origen viral de la replicación y forma complejos hexaméricos que funcionan como helicasas. Participa en la replicación del genoma viral.
E2	Principal regulador de la transcripción viral. Esta proteína se une al promotor transcripcional. Interactúa con E1 y la recluta al origen de la replicación. Regula la replicación y la transcripción viral.
E4	Participa en la fase tardía del ciclo de vida viral. Esta proteína interactúa con la queratina y los filamentos intermedios del citoesqueleto para inducir un arresto en G2.
E5	Activa receptores de factores de crecimiento y otras cinasas. Inhibe la apoptosis y regula al MHC-I.
E6	Induce la síntesis de ADN y la actividad de la telomerasa. Esta proteína evita la diferenciación celular, la muerte celular programada e interactúa con proteínas co-activadoras de la transcripción y con el supresor tumoral p53.
E7	Induce la progresión del ciclo celular al interactuar con el supresor tumoral retinoblastoma (Rb). Esta proteína interactúa con acetiltransferasas de histonas y con reguladores negativos del ciclo celular.
L1	Principal proteína estructural. Interactúa con L2 y receptores celulares.
L2	Proteína estructural de la cápside viral. Interactúa con L1.

El VPH infecta la mucosa y el epitelio escamoso estratificado del cérvix. Las células mitóticas en la capa basal son el blanco del virus, que puede ingresar a través de un microtrauma. El VPH es internalizado por las células basales del epitelio mediante un mecanismo endocítico dependiente de clatrina. En este mecanismo de entrada, la actina participa en las primeras etapas del ingreso del virus. Un mecanismo alternativo de entrada para algunos VPH es la vía dependiente de caveolas. Además, otra vía que no involucra clatrina ni caveolas es un dominio enriquecido con tetraspanina, el cual está involucrado en la entrada del virus. Dentro de las células, los VPH se establecen de dos maneras: 1) Los VPH se usan

como episomas (infección productiva) y el patrón de expresión del genoma del VPH se modifica conforme las células basales se diferencian. Hay una expresión tardía de genes y nuevos viriones en células más diferenciadas. 2) Los VPH pueden integrar su material genético en el ADN de la célula hospedera (infección abortiva o transformante) y se desregula la expresión de los genes virales. En consecuencia, el virus no puede completar su ciclo de vida. La capacidad de transformación del VPH se atribuye principalmente a la acción de las oncoproteínas E6 y E7, las cuales alteran las vías reguladoras del crecimiento y la muerte celular. La persistencia de los VPH de alto riesgo lleva al desarrollo de lesiones cervicales y del cáncer después de varios cambios genéticos, tales como mutaciones puntuales, anormalidades cromosómicas y alteraciones en los patrones de metilación que se acumulan en el material genético de la célula hospedera (Doorbar, 2006; Horvath *et al.*, 2010; Graham, 2017; Gutiérrez-Hoya y Soto-Cruz, 2021; Songock *et al.*, 2017).

Mecanismo de acción del VPH

El VPH infecta los queratinocitos de la capa basal, que tienen una alta actividad mitótica, por medio de una infección productiva. Después de que el VPH es internalizado y se establece en las células epiteliales de la capa basal, se activa un promotor temprano para inducir la expresión de los genes E1 y E2, que contribuyen a la replicación y establecimiento del virus. Las células basales infectadas con VPH se dividen y generan copias del ADN viral en las células hijas. El ADN viral episomal se amplifica en las células no diferenciadas. Los queratinocitos infectados migran a las capas superficiales del epitelio durante el proceso de diferenciación e inducen la fase productiva del ciclo viral. En ese momento, el promotor tardío se activa para iniciar la expresión de los genes E4, E5, L1 y L2, los cuales promueven un incremento en la expresión de E1 y E2. En consecuencia, el genoma viral se expande para incrementar el ensamblaje de los viriones después de ser descargados en la capa superficial diferenciada del epitelio.

Las oncoproteínas E6 y E7 desregulan el ciclo celular normal en las células infectadas con VPH de alto riesgo, ya que estas células tienen diferentes proteínas reguladoras del ciclo celular como blancos moleculares. Los blancos moleculares mejor estudiados de las oncoproteínas E6 y E7 son las proteínas p53 y pRB, respectivamente, que tienen funciones reguladoras importantes del

ciclo celular. Las oncoproteínas E6 y E7 también regulan modificaciones epigenéticas, tales como las marcas de activación para la integración viral. Además, ambas oncoproteínas regulan cambios de empalme en el procesamiento postranscripcional y generan moléculas de ARN reguladoras, así como otros cambios que permiten a los virus evitar la muerte celular y activar mecanismos de transformación y carcinogénesis.

La proteína E2 funciona como un represor de la transcripción de E6 y E7 y regula la expresión de estas oncoproteínas en el ciclo del virus. Sin embargo, el genoma del VPH se integra en el material genético de la célula hospedera en infecciones por VPH abortivas. La integración del genoma del VPH inactiva el gen E2, lo que tiene como consecuencia una mayor expresión de las oncoproteínas E6 y E7, que contribuyen a la transformación maligna de las células y a la carcinogénesis (Gutiérrez-Hoya y Soto-Cruz, 2021; Songock *et al.*, 2017; Yeo-The *et al.*, 2018; Scott *et al.*, 2020; Zheng y Wang, 2011).

Microbioma cervicovaginal: componentes y funciones

Las comunidades simbióticas son diferentes en las diversas regiones del cuerpo humano, así como entre los individuos. Entre los principales y más estudiados nichos están la cavidad oral y el tracto intestinal; no obstante, en años recientes el microbioma vaginal ha recibido mayor atención debido a su papel en el mantenimiento de la salud vaginal (Ravel *et al.*, 2011; Fettweis *et al.*, 2014). La vagina contiene un microecosistema complejo; al secuenciar el ARNr 16S se encontró que este microbioma contiene entre 10^{10} y 10^{11} microorganismos (Chen *et al.*, 2017). Este microbioma es esencial para mantener una vagina sana y, a diferencia de otros microbiomas, el microbioma vaginal normal es relativamente bajo en diversidad de organismos y el género *Lactobacillus* suele predominar en condiciones normales (Ravel *et al.*, 2011; Fredricks *et al.*, 2005).

La interacción hospedero-microbioma establece una relación mutuamente beneficiosa: el hospedero provee nutrientes y un ambiente cálido y húmedo para el correcto desarrollo del microbioma; en respuesta, las bacterias residentes producen moléculas que inhiben el crecimiento de bacterias extrañas, además de inducir la producción de citocinas antiinflamatorias (Chen *et al.*, 2021). El balance entre el hospedero y el microbioma puede verse afectado tanto por factores internos como externos. Los factores internos in-

cluyen cambios hormonales, embarazo, así como el estado de la respuesta inmune innata y adaptativa (Pekmezovic *et al.*, 2019; Ma *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2021). Entre los factores externos se encuentran el uso de antibióticos, las infecciones y la exposición a microbiomas externos. Estos cambios alteran el balance del ecosistema microbioma-hospedero; este fenómeno se conoce como disbiosis, la cual tiene como consecuencia una disminución en la habilidad del microbioma para controlar infecciones oportunistas.

Además, se produce un aumento en la diversidad del ecosistema microbiano; este aumento se correlaciona con la presencia de vaginosis bacteriana (Fredricks *et al.*, 2005), la cual se asocia con un incremento en el riesgo de contraer una infección de transmisión sexual (ITS). También se eleva el riesgo de enfermedad pélvica inflamatoria, de parto prematuro e infección con VPH, entre otros padecimientos (Brown *et al.*, 2023; McKinnon *et al.*, 2015; Gudnadottir *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2023).

Tipos de comunidad microbiana

Definir los constituyentes del microbioma vaginal normal puede ser complicado, ya que mujeres de diferentes países presentan distintas características en su microbioma; incluso se pueden presentar variaciones entre regiones. Por ejemplo, en Canadá las principales especies encontradas son *Lactobacillus crispatus*, *L. iners* y *L. jensenii* (Chaban *et al.*, 2014); en mujeres chinas sanas las especies dominantes son *L. gasseri*, *L. iners* y *L. crispatus* (Xiao y Liao, 2012). En población mexicana, el microbioma de mujeres sanas está constituido principalmente por *L. gasseri*, *L. fermentum*, *L. rhamnosus*, *L. jensenii*, *L. crispatus* y *L. brevis* (Martínez-Peña *et al.*, 2013).

El microbioma no es estático, sino que sufre cambios a través del tiempo; en particular, el microbioma vaginal presenta variaciones durante el ciclo menstrual, así como durante la vida de las mujeres. La morfología vaginal (epitelio escamoso estratificado no queratinizado cubierto de secreciones cervicovaginales) (Chen *et al.*, 2021) y su fisiología (el oxígeno y los nutrientes son derivados de los tejidos submucosos) (Linhares *et al.*, 2011) dan como resultado un ambiente vaginal relativamente anaerobio. Estas condiciones crean un ambiente favorable para el microbioma y promueven la simbiosis microbioma-hospedero, lo que resulta en el establecimiento del microbioma vaginal (Marchesi &

Ravel, 2015; Chen *et al.*, 2021).

Para facilitar el manejo de los diversos microbiomas, el proyecto del microbioma humano (Human Microbiome Project) ha establecido un microbioma de referencia basado en lo que se considera adultos sanos, y un microbioma sano se define como aquel que está presente en ausencia de enfermedad evidente (Aagaard *et al.*, 2013; Lloyd-Price *et al.*, 2016). Con base en la abundancia de especies, el microbioma vaginal puede clasificarse en cinco tipos de estado comunitario (CST, del inglés Community State Types) (Ravel *et al.*, 2011; Ma y Li, 2017). En la mayoría de estas comunidades, las especies de *Lactobacillus* dominan: en CST-I predomina *L. crispatus*; en CST-II, *L. gasseri* es la especie dominante; en CST-III predomina *L. iners* y *L. jensenii* domina en CST-V (Ravel *et al.*, 2011; Ma y Li, 2017).

Un caso especial es CST-IV; esta comunidad se caracteriza por una baja abundancia de *Lactobacillus* y una alta proporción de bacterias anaerobias (Vitali *et al.*, 2015). Normalmente, debido a la presencia de esta comunidad, se considera que existe riesgo inminente de disbiosis. Posteriormente, CST-IV se subdividió en CST-IVA (*Anaerococcus*, *Peptoniphilus*, *Corynebacterium*, *Prevotella*, *Finegoldia* y *Streptococcus*), CST-IVB (*Atopobium*, *Gardnerella*, *Sneathia*, *Mobiluncus*, *Megasphaera* y *Clostridiales*) (Gajer *et al.*, 2012), y CST-IVC (*Prevotella*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Bifidobacterium* y *Staphylococcus*) (France *et al.*, 2020).

Mecanismos protectores de las especies dominantes

Del total del microbioma humano, la región urogenital cuenta con aproximadamente el 9 % de la composición total (Sirota *et al.*, 2014). Como se mencionó anteriormente, en el microbioma sano el principal componente es una de cuatro especies principales de *Lactobacillus*: *L. crispatus*, *L. jensenii*, *L. gasseri* y *L. iners* (Van De Wijgert *et al.*, 2014; Mendes-Soares *et al.*, 2014). Estas bacterias son capaces de proteger la vagina de bacterias extrañas y otros patógenos mediante diversos mecanismos: compiten por los nutrientes y por la adherencia al tejido, disminuyen el pH vaginal y producen bacteriocinas, además de secretar ácido láctico y modular el sistema inmune, entre otros mecanismos (Aroutcheva *et al.*, 2001).

Una de las principales características de los lactobacilos es la producción de ácido láctico, y estas bacterias producen tanto L- como D-láctico (Witkin y Linhares, 2017; Witkin *et al.*, 2013). De

estos dos isómeros, el ácido D-láctico juega un papel más relevante en la protección (Witkin *et al.*, 2013; Nasioudis *et al.*, 2015; Edwards *et al.*, 2019). El ácido láctico secretado acidifica el microambiente vaginal, el cual normalmente se mantiene entre 3.5 y 4.5; esto inhibe el crecimiento de patógenos (Tachedjian *et al.*, 2017; Plummer *et al.*, 2024), como *Neisseria gonorrhoeae*, y protege contra virus (como el VIH) y parásitos (*Trichomonas vaginalis*) (Vandenbergh, 1993; Boris y Barbes, 2000; Martin *et al.*, 2010; Aldunate *et al.*, 2013). La función del ácido láctico no se limita a acidificar el medio; también presenta propiedades antiinflamatorias, por lo que un microbioma sano dominado por *Lactobacillus* se asocia con un ambiente con baja inflamación (in vivo e in vitro) (Delgado-Díaz *et al.*, 2020; Schwecht *et al.*, 2023; Manhazva *et al.*, 2020; Mahajan *et al.*, 2022).

No todas las especies de *Lactobacillus* presentan el mismo comportamiento: *L. iners* se asocia con disbiosis y con una baja estabilidad del microbioma; además, es incapaz de secretar ácido D-láctico (Petrova *et al.*, 2015). Otra forma en que los lactobacilos protegen contra patógenos potenciales es por medio de la producción de bacteriocinas; estos péptidos antimicrobianos son capaces de permeabilizar la membrana de sus blancos, entre los cuales se encuentran especies de *Gardnerella* (Stoyancheva *et al.*, 2014; Navarro *et al.*, 2023).

Los lactobacilos son capaces de formar un biofilm, una barrera protectora adherida al epitelio; esta barrera impide la adhesión de patógenos. Complementando esta barrera, también son capaces de producir biosurfactantes y peróxido de hidrógeno, los cuales actúan como agentes antimicrobianos (Torcia, 2019; Lin *et al.*, 2022). Otra forma de protección mediada por *Lactobacillus* (en particular *L. crispatus*) involucra la regulación de algunas vías bioquímicas, tales como la vía de biosíntesis de la L-lisina, L-treonina y L-metionina, las cuales se asocian con la prevención del cáncer. Por otro lado, en mujeres con displasia, *G. vaginalis* y *Fannyhessea vaginalis* contribuyen con las vías de biosíntesis de peptidoglicano y L-alanina; estas vías se asocian con cáncer cervical (Norenhag *et al.*, 2024).

Los lactobacilos (en particular *L. crispatus*) son capaces de inhibir la expresión de E6/E7, oncogenes presentes en el virus del papiloma humano (VPH); esto reduce la proliferación de células infectadas e induce apoptosis. Un microbioma dominado por *Lactobacillus* mejora la protección, refuerza la respuesta inmune local y

reduce el riesgo de infección por VPH (Huang *et al.*, 2024; Fraszczak *et al.*, 2022; Mitra *et al.*, 2016).

De la eubiosis a la disbiosis: el principio de la enfermedad

Dentro de las principales funciones del microbioma vaginal normal dominado por *Lactobacillus* está prevenir la colonización de especies bacterianas asociadas con vaginosis bacteriana (BV), usando todos los mecanismos mencionados con anterioridad (Mitra *et al.*, 2016). Todas estas funciones constituyen una barrera para el epitelio cervical; esto previene que las infecciones se establezcan. En el caso del VPH, esta barrera previene que el VPH penetre hacia los queratinocitos basales y, así, evita la infección (Swidsinski *et al.*, 2023). La disbiosis en el microbioma vaginal puede ser fisiológica (embarazo, ciclo menstrual) o patológica (vaginosis bacteriana, infecciones del tracto urinario e infecciones de transmisión sexual) y se asocia con cambios significativos en el microbioma vaginal (Lamont *et al.*, 2011).

La vaginosis bacteriana se acompaña de un cambio en el microbioma vaginal, con la subsecuente pérdida de especies protectoras de *Lactobacillus* y el aumento en la presencia de organismos anaerobios o anaerobios facultativos (Koumans *et al.*, 2007). Existen múltiples factores de riesgo asociados con la vaginosis bacteriana: duchas vaginales, múltiples parejas sexuales, fumar, uso de dispositivos intrauterinos, uso de jabones perfumados e historial de infección vaginal (Smart *et al.*, 2004) (Figura 1).

No todas las especies de *Lactobacillus* se comportan igual; por ejemplo, *L. iners* se asocia con disbiosis y baja estabilidad del microbioma, ya que es incapaz de producir ácido D-láctico (Petrova *et al.*, 2015).

El microbioma vaginal normal está dominado por especies de *Lactobacillus* (*L. crispatus*, *L. gasseri*, *L. jennseni*, entre otras). Estas bacterias mantienen un pH bajo y protegen contra la invasión de microorganismos patógenos. Cuando el microambiente vaginal sufre disbiosis, las especies de *Lactobacillus* dejan de predominar, el pH se alcaliniza y los microorganismos patógenos (como *Gardnerella vaginalis*, *Fannyhessea vaginalis*, *Prevotella bivia*, *Peptoniphilus lacrimalis* y *Megasphaera* spp., entre otros) pueden colonizar la vagina.

El microbioma normal puede proteger el microambiente vaginal mediante diversos mecanismos: competencia por nutrientes y adherencia, pH bajo, producción de bacteriocinas, secreción

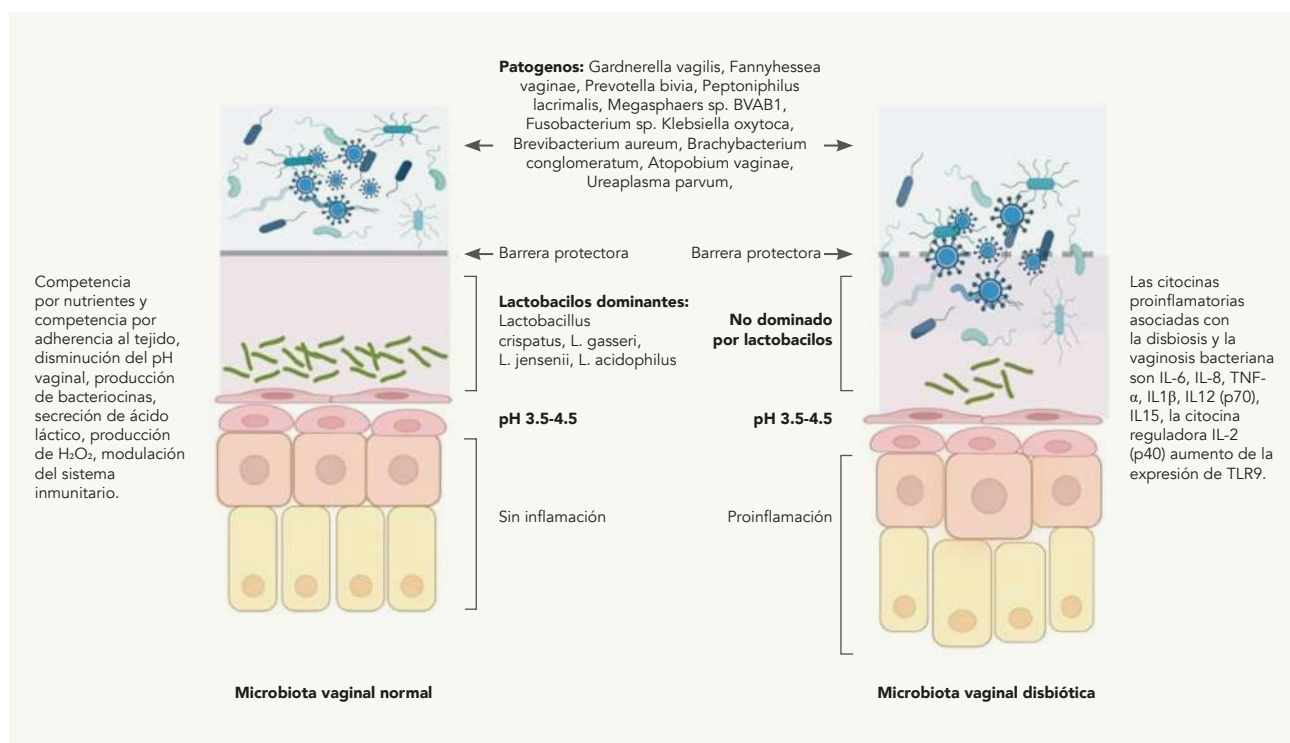


Figura 1.
Microbiota vaginal. Normal y disbiosis

de ácido láctico, producción de H_2O_2 y modulación del sistema inmunitario. Durante la disbiosis, estos factores protectores se pierden y se promueve la secreción de citocinas proinflamatorias que favorecen el desarrollo de lesiones en el cérvix.

Especies bacterianas asociadas a la patología

Cuando la disbiosis se presenta en el microbioma vaginal, ciertas bacterias son capaces de promover la progresión de la infección por VPH, lo que ocasiona un incremento en el desarrollo de neoplasia intraepitelial cervical (NIC) (Kyrgiou y Moscicki, 2022). Existen estudios que demuestran que las mujeres con una baja abundancia de *Lactobacillus* y una gran abundancia de *Gardnerella*, *Sneathia* y *Atopobium* son menos propensas a eliminar la infección por VPH (Łaniewski *et al.*, 2018; Mitra *et al.*, 2015; Brotman *et al.*, 2014; Gao *et al.*, 2013).

Entre las especies de *Lactobacillus*, la más beneficiosa es *L. crispatus*. Una gran abundancia de *L. crispatus* se asocia con bajo riesgo de infección por VPH de alto riesgo (Huang *et al.*, 2018; Arokijaraj *et al.*, 2018), mientras que niveles reducidos de esta bacteria se relacionan con el incremento de lesiones cervicales (Carter *et al.*, 2021). Estos niveles reducidos de *L. crispatus* también se encuentran en pacientes con infección por VPH de

alto riesgo, lesión escamosa intraepitelial de bajo grado (LSIL), lesión escamosa intraepitelial de alto grado (HSIL) y carcinoma cervical (Huang *et al.*, 2018; Molina *et al.*, 2024; Chen *et al.*, 2020; So *et al.*, 2020; Kwasniewski *et al.*, 2018).

En LSIL (NIC 1), se han reconocido algunas bacterias, con predominio de *Gardnerella vaginalis*; adicionalmente, se identificaron *Prevotella bivia*, *L. iners*, *Peptoniphilus lacrimalis*, *Megasphaera* spp. y, en menor proporción, el género *Sneathia* (So *et al.*, 2020; Ma *et al.*, 2023; Teka *et al.*, 2023; Wu *et al.*, 2020). En HSIL (NIC 2, 3) se identificaron *L. iners* (So *et al.*, 2020; Teka *et al.*, 2023), *G. vaginalis*, *Ercella*, *Bacillus*, *B. lautia* y *Terrisporobacter* (Liu *et al.*, 2023), con una alta prevalencia de *Megasphaera* (Ma *et al.*, 2023; Liu *et al.*, 2023). En una menor proporción también se distinguieron *Alloscardovia omnicolens*, *Staphylococcus aureus* y *Candidatus endolissoclinum* (Liu *et al.*, 2022; Norenhaag *et al.*, 2024; Zheng *et al.*, 2023).

Mecanismos de la participación del microbioma en el desarrollo del cáncer de cérvix

Una reducción en la abundancia de *Lactobacillus* se asocia con el desarrollo de NIC, fomentando un ambiente proinflamatorio que promueve la expresión de E6 y E7 (Kyrgiou y Moscicki, 2022). Entre las citocinas proinflamatorias asociadas con

disbiosis y vaginosis bacteriana se encuentran la IL-6, IL-8 y TNF- α , entre otras. Esto potencia el estrés oxidativo, lo que incrementa el riesgo de progresión hacia NIC de alto grado (Kyrgiou y Mosicki, 2022; Mitra *et al.*, 2016).

A diferencia de los *Lactobacillus*, las bacterias anaerobias presentes en disbiosis son capaces de disminuir la respuesta inmune innata e inhibir la apoptosis; además, se reduce la producción de inhibidor de la proteasa leucocitaria secretora (SLPI, cuya función es proteger la mucosa contra infecciones), lo que facilita la infección por VPH. Las bacterias asociadas con disbiosis también incrementan el pH vaginal y reducen la producción de H₂O₂, lo que conduce a un aumento en el daño a las mucosas e incrementa el riesgo de entrada del VPH (Łaniewski *et al.*, 2018; Brotman *et al.*, 2014). La disminución de la respuesta inmune mediada por la disbiosis vaginal conduce a la colonización por microorganismos externos (Golijow *et al.*, 2005). Otro efecto de la disbiosis es el incremento de la expresión de TLR9, lo cual coincide con la progresión de las lesiones cervicales, particularmente en mujeres positivas para HPV16 (Zheng *et al.*, 2023).

La inflamación y el cáncer

¿Qué es la inflamación?

La inflamación es una respuesta inespecífica en tejidos vascularizados del cuerpo frente a lesiones, enfermedades, infecciones o productos químicos. Es un proceso homeostático necesario para la reparación, regeneración y remodelación del tejido dañado. De manera tradicional, se caracteriza por la presencia de rubor, calor, dolor y pérdida de la función. Se trata de una respuesta protectora que implica la activación de células inmunitarias y no inmunitarias, así como la secreción de diferentes mediadores moleculares, dentro de los cuales encontramos las citocinas, proteínas de fase aguda y quimiocinas, lo que promueve la migración y activación de células del sistema inmune (Oronsky *et al.*, 2022; Hannoodee y Nasuruddin, 2024).

De manera general, la inflamación puede dividirse en aguda, subaguda y crónica, dependiendo de la velocidad de reacción y la duración de la respuesta. La inflamación aguda se presenta de manera inmediata posterior al daño y se caracteriza por la activación de células del sistema inmune innato. Sin embargo, si la inflamación aguda no se resuelve, progresa a una inflamación subaguda y, si esta última persiste por más de seis

semanas, evoluciona a una inflamación crónica, la cual involucra la activación de una mayor cantidad de células del sistema inmune adaptativo. El desarrollo de inflamaciones crónicas implica daño tisular y fibrosis en la mayoría de los casos (Hannoodee y Nasuruddin, 2024; Takagi, 2024).

Mediadores clave de la inflamación aguda y crónica

La inflamación está mediada por citocinas, las cuales son un grupo de polipéptidos solubles que, de manera clásica, se han clasificado en citocinas proinflamatorias, como la IL-1, TNF- α e IL-6, entre otras, las cuales promueven y amplifican la respuesta inflamatoria; y citocinas antiinflamatorias, como la IL-10 y el TGF- β , entre otras, que se encargan de regular el proceso inflamatorio y promover la reparación tisular. Sin embargo, las citocinas que participan en los procesos inflamatorios, a su vez, pueden dividirse en citocinas que participan en la inflamación aguda, como la IL-1, TNF- α , IL-6, IL-11, IL-8, G-CSF y GM-CSF; y las que participan en la inflamación crónica, como IL-1, IL-2, IL-3, IL-4, IL-5, IL-6, IL-7, IL-9, IL-10, IL-12, IL-13, IFN, TGF- β y TNF- α y β . Algunas citocinas, como IL-1, TNF- α e IL-6, contribuyen significativamente tanto a la inflamación aguda como a la crónica (Feghali y Wright, 1997).

La inflamación aguda es una respuesta inmediata y a corto plazo. Los mediadores inflamatorios se producen rápidamente en el lugar de la lesión y su finalidad es incrementar la permeabilidad de los vasos sanguíneos, la expresión de moléculas de adhesión en el endotelio vascular, la síntesis de proteínas de fase aguda, así como la producción de especies reactivas de oxígeno y de óxido nítrico; todos estos eventos celulares favorecen la migración y activación de las células inmunitarias para la resolución del daño. Sin embargo, si el proceso no se resuelve y la producción de citocinas proinflamatorias es sostenida, puede contribuir al daño celular y al desarrollo de diversas enfermedades autoinmunitarias, neurológicas y ciertos tipos de cáncer. Estos padecimientos se caracterizan por la presencia continua de IL-6 y TNF- α , las cuales sostienen la inflamación. De manera fisiológica, las citocinas antiinflamatorias, como IL-10 y TGF- β , regulan los procesos inflamatorios y evitan una inflamación excesiva o prolongada. Por ejemplo, la IL-10 inhibe la expresión de TNF- α , IL-6 e IL-1, así como de factores quimiotácticos como IL-8, moléculas de adhesión y moléculas del MHC (Stenvinkel *et al.*, 2005). Por otra parte, el TGF- β inhibe la activación de células del sistema

inmune innato y adaptativo, además de favorecer la diferenciación de los linfocitos T reguladores, que expresan y secretan una gran cantidad de moléculas reguladoras, las cuales contribuyen a la generación y mantenimiento de la tolerancia inmunitaria (Sanjabi *et al.*, 2017).

Por otra parte, la inflamación crónica se presenta en personas con enfermedades autoinmunes, afecciones metabólicas, infecciones crónicas o disbiosis de la microbiota (Michalak y Michalak, 2025). Además, la inflamación crónica está implicada en el desarrollo de cáncer, trastornos autoinmunes, metabólicos, cardiovasculares y neurodegenerativos (Chiurchiú *et al.*, 2018).

La inflamación crónica se caracteriza por una respuesta inflamatoria exagerada o por un deterioro del sistema de resolución, además de un infiltrado predominantemente de células inflamatorias mononucleares, con escasos neutrófilos. La inflamación crónica suele desarrollarse durante la transición de la inflamación aguda a la reparación tisular. Asimismo, suele ser mucho más duradera que la aguda y puede persistir durante semanas, meses o incluso años. Algunas reacciones inflamatorias crónicas se caracterizan por el predominio de linfocitos T, linfocitos B, células plasmáticas o macrófagos (Chiurchiú *et al.*, 2018; Libby, 2007).

La inflamación como rasgo distintivo del cáncer

La inflamación crónica, la transformación celular y el desarrollo de cáncer están relacionados a través de diversos mecanismos biológicos. En los procesos inflamatorios crónicos se libera una gran cantidad de mediadores, como citocinas, quimiocinas y proteínas de fase aguda, las cuales, a su vez, tienen efecto sobre células del sistema inmune innato y adaptativo, generando la liberación de más mediadores inflamatorios y un incremento en la producción de especies reactivas de oxígeno, así como de óxido nítrico. Todos estos elementos son capaces de inducir cambios en el microambiente celular y conllevar modificaciones genéticas, activación de oncogenes, inhibición de mecanismos de reparación celular y proliferación celular descontrolada, lo que incrementa el riesgo de mutaciones oncogénicas, generación de células transformadas y desarrollo de cáncer. Algunas de las citocinas producidas en la inflamación crónica, como TGF- β , IL-6 y TNF- α , son capaces de estimular la angiogénesis, la proliferación de células tumorales y la transición epitelio-mesénquima, además de favorecer la metástasis (Wen *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2020).

Por otra parte, las células tumorales son capaces de liberar diversas citocinas y quimiocinas, que

contribuyen al proceso inflamatorio y promueven la migración de neutrófilos, macrófagos, linfocitos, mastocitos y células dendríticas, además de polarizarlas hacia poblaciones reguladoras. Estas células, adicionalmente, son capaces de liberar factores de crecimiento y mediadores solubles que promueven el crecimiento tumoral y ayudan a las células cancerígenas a evadir el sistema inmunitario (Abdul-Rahman *et al.*, 2024).

Adicionalmente, el desarrollo de algunos tipos de cáncer está asociado con la presencia de patógenos, los cuales inducen inflamación, daño y transformación celular. Algunos ejemplos de cánceres relacionados con la presencia de patógenos son el cáncer de estómago y su asociación con la bacteria *Helicobacter pylori*; el desarrollo de cáncer de hígado y la presencia del virus de la hepatitis B; el linfoma de Burkitt y la presencia del virus de Epstein-Barr; la leucemia y el linfoma de células T en el adulto, asociados con la presencia del virus linfotrópico T humano tipo 1; y el desarrollo de cáncer de cérvix y la infección por el virus del papiloma humano. En la mayoría de este tipo de cánceres, la activación del sistema inmune y la inflamación crónica juegan un papel importante (Toner *et al.*, 2024; Zhang *et al.*, 2024).

La inflamación crónica también activa a las células para producir especies oxidantes, lo cual conlleva daño en los ácidos nucleicos, generación de mutaciones y supresión de los mecanismos de reparación del huésped (Gambini y Stromsnes, 2022).

Las células del sistema inmune y los mediadores secretados en la inflamación crónica difieren de los secretados en la inflamación aguda. La mayoría de las células involucradas en la inflamación crónica pertenecen al sistema inmune adaptativo, mientras que, en la inflamación aguda, pertenecen en su mayoría al sistema inmune innato. Adicionalmente, se ha reportado que la inflamación crónica suele activarse por el reconocimiento de patrones moleculares de daño en ausencia del reconocimiento de patrones moleculares asociados a patógenos. Por otra parte, los mediadores generados en la inflamación crónica promueven la activación de diversos factores de transcripción en el microambiente tumoral, como NF- κ B, STAT3 y HIF-1 α , los cuales participan en la activación de oncogenes, la inactivación de genes supresores de tumores y modificaciones epigenéticas que contribuyen, en mayor medida, a la transformación celular, el crecimiento tumoral, la metástasis y la evasión del sistema inmune, entre otros mecanismos favorables para el desarrollo tumoral (Muthoff *et al.*, 2012).

El VPH y la inflamación

El VPH infecta a los queratinocitos de la capa basal del epitelio cervical, los cuales reconocen la infección debido a que expresan receptores de reconocimiento de patrón, como los TLR, capaces de reconocer patrones moleculares asociados a patógenos presentes en el virus. Este reconocimiento activa vías de señalización como NF- κ B e IFN, que inducen la secreción de citocinas como IL-1, IL-6, TNF- α , IFN- α e IFN- β , lo cual conduce al reclutamiento y activación de células del sistema inmune innato, entre ellas las células presentadoras de antígeno, las cuales fagocitan células infectadas, dañadas y partículas virales. Posteriormente, migran a los órganos linfoides secundarios cercanos y llevan a cabo la presentación de antígeno a los linfocitos T, para que estos se activen, proliferen, se diferencien y cooperen con los linfocitos B en la producción de anticuerpos. Todo este proceso de activación inducirá la liberación de citocinas como IL-2, IL-12, IFN, IL-4 e IL-1 β , con el objetivo de contener y resolver el proceso infeccioso (Roy-Biswas y Hibma, 2025; Aghbash *et al.*, 2025).

Gracias a esta activación del sistema inmune, las infecciones suelen desaparecer en dos años sin síntomas. Sin embargo, en algunos casos el virus persiste. Los virus de alto riesgo (VPH-16 y VPH-18) están implicados en la infección prolongada y latente, que conduce a hiperactividad de las vías de inflamación, lo cual favorece la aparición de lesiones intraepiteliales cervicales y el desarrollo de cáncer. En cáncer se ha observado que citocinas como IL-1 β , IL-6, IL-8 y TNF- α promueven la proliferación, resistencia a fármacos quimioterapéuticos, transición epitelio-mesénquima y favorecen el proceso de metástasis, entre otros procesos celulares implicados en la promoción y progresión tumoral. Además, la presencia de inflamación crónica promueve el reclutamiento y la acumulación de células del sistema inmune que, a su vez, también generan inflamación y así proporcionan, en conjunto, un microambiente tumoral propicio para la progresión tumoral (Roy-Biswas y Hibma, 2025; Aghbash *et al.*, 2025; Yi *et al.*, 2024).

Por otra parte, en cáncer de cérvix se observa una respuesta inflamatoria crónica inducida por la presencia del VPH y las células del sistema inmune infiltradas. En este microambiente juegan un papel importante las citocinas IL-6, IL-1 β , TNF- α e IL-8, ya que mantienen un entorno favorable al tumor al promover la angiogénesis, la transición epitelio-mesenquimal y la resistencia a la apoptosis, mientras que las citocinas inmunosupresoras, como IL-10 y TGF- β , reducen la respuesta inmuni-

taria antitumoral y facilitan el escape inmunitario (Obeagu, 2025; Landskron *et al.*, 2014).

Debido a la importancia de la inflamación en el proceso tumoral, ya existen estudios clínicos enfocados en la inhibición de IL-6 (anticuerpo tocilizumab), TNF- α (anticuerpo infliximab), así como en inhibidores de las vías de señalización JAK/STAT y NF- κ B, por su capacidad para modular la producción de dichas citocinas (Obeagu, 2025; Landskron *et al.*, 2014).

Papel de la inflamación crónica inducida por la disbiosis en cáncer de cérvix

Además de la presencia del VPH, la transformación celular y las células del sistema inmune infiltradas en el tumor, el microbioma vaginal juega un papel muy importante en el proceso de infección, transformación celular y desarrollo del cáncer de cérvix, debido a la colonización de la mucosa vaginal por diferentes géneros bacterianos. Cuando se presenta una disbiosis vaginal, la cual es un desequilibrio en el microbioma, se pueden desarrollar infecciones por patógenos, transformaciones celulares, lesiones intraepiteliales cervicales y cáncer. En condiciones no patológicas, el microbioma vaginal se encuentra colonizado por *Lactobacillus* spp., los cuales protegen la mucosa cervical debido a su capacidad de producción de ácido láctico, H₂O₂ y bacteriocinas. Estos mediadores inducen protección frente a patógenos debido a su capacidad para inhibir la proliferación. La presencia de *Lactobacillus* spp. en la mucosa cervical está asociada con la disminución de la detección de la infección por VPH de alto riesgo, el desarrollo de neoplasias intraepiteliales cervicales y el desarrollo de cáncer. La presencia de *L. crispatus* puede ser un factor protector importante, mientras que algunos estudios muestran que *L. iners* está asociado con una mayor probabilidad de adquirir la infección por VPH y su consecuente progresión a lesiones premalignas y malignas (Chee *et al.*, 2020).

La disbiosis vaginal, caracterizada por una mayor diversidad, se asocia con una mayor susceptibilidad a la infección por VPH y su persistencia, así como con un mayor riesgo de displasia cervical; además, la diversidad aumenta a medida que progresan las lesiones. El aumento de la diversidad bacteriana se asocia con niveles más altos de citocinas inflamatorias, lo que indica un estado inflamatorio crónico que deteriora la inmunidad del huésped (Schellekens *et al.*, 2025; Dong *et al.*, 2023).

La disbiosis en el microbioma vaginal puede provocar un aumento de citocinas proinflamatorias.

torias como IL-1 β , IL-8 e IL-6, que estimulan el crecimiento de microorganismos oportunistas y suprimen la microflora normal (Borrego-Ruiz y Borrego, 2025).

Sin embargo, la presencia de bacterias comensales en la mucosa cervical promueve una homeostasis inmune sin generación de perfiles de citocinas inflamatorias. La respuesta inmune en mucosas tiene una alta actividad, pero se propone que la presencia de bacterias comensales promueve un ambiente regulador. Esto se debe a que las bacterias comensales interactúan con las células epiteliales a través de receptores de reconocimiento de patrón, pero en ausencia de daño, lo cual puede promover la inducción de células T reguladoras y, con ello, un microambiente no inflamatorio. Es importante mencionar que las bacterias comensales juegan un papel importante en la preservación de la barrera epitelial mediante la producción de péptidos antimicrobianos y mucina, lo que favorece un microambiente sin daño ni inflamación.

La ausencia de inflamación puede favorecer que las células presentadoras de antígeno, en ausencia de citocinas proinflamatorias, secreten mediadores reguladores, como el ácido retinoico y el TGF- β , favoreciendo así la generación de células T reguladoras. Por otra parte, es importante el mantenimiento de bacterias comensales, ya que se ha observado que su pérdida puede conducir a una mayor diversidad microbiana, lo cual conlleva pérdida de la homeostasis inmunitaria y epitelial debido a la generación de mediadores de daño. Esto genera un incremento en la producción de citocinas y quimiocinas proinflamatorias, induce la disminución de células T reguladoras y promueve un incremento de células T efectoras polarizadas a fenotipos inflamatorios, lo que tiene como resultado desequilibrio de citocinas, alteración de la barrera y reclutamiento de células inmunitarias (Gholiof *et al.*, 2022).

La presencia de microbiota comensal es importante y necesaria como barrera defensiva para evitar la disbiosis y la generación de inflamación crónica; esto ayuda a prevenir la infección por VPH, la generación de lesiones y el desarrollo de cáncer.

Conclusiones

El cáncer de cérvix, una de las neoplasias ginecológicas más prevalentes a nivel global, no puede ser entendido únicamente como la consecuencia de una infección viral. Si bien el VPH de alto riesgo es un factor etiológico necesario, la progresión de

la infección a una enfermedad maligna invasiva depende de una intrincada interacción entre el virus, el sistema inmunitario del hospedero y el microambiente cervicovaginal en el que se encuentra el microbioma asociado. El impacto del microbioma en la función celular del hospedero es el resultado de cambios en el ambiente metabólico mediados por la producción y el uso de diferentes metabolitos producidos por este microbioma, los cuales suprimen o activan la señalización celular y las vías metabólicas. Sin embargo, aún se desconocen tanto las interacciones metabólicas entre el hospedero y las comunidades microbianas, así como su participación en la carcinogénesis cervical. Este vacío de conocimiento subraya la necesidad de realizar más investigación sobre el papel preciso de los metabolitos microbianos en la carcinogénesis.

Existen evidencias de que los microorganismos pueden inducir daño al ADN, lo que lleva a diversas mutaciones relacionadas con el desarrollo del cáncer. Además, las mucosas están sujetas a un microambiente alterado que contribuye a la homeostasis hospedero-microbio, y la disbiosis del microbioma cervicovaginal puede desencadenar una respuesta inflamatoria persistente que daña el ADN de las células epiteliales, creando un microambiente propicio para iniciar un proceso de transformación que puede terminar en cáncer.

El estudio del microbioma cervicovaginal representa un cambio de paradigma en la comprensión de la etiología del cáncer de cuello uterino. El microbioma parece ser un modulador activo que influye en la persistencia del VPH y en la progresión de la enfermedad a través de una compleja red de interacciones inmunes y metabólicas. Por lo tanto, es importante realizar más investigaciones para dilucidar los mecanismos que regulan la compleja red de interacciones entre el VPH, el microbioma y la inflamación. La integración de estos conocimientos contribuirá al desarrollo de estrategias personalizadas para atender a las pacientes de manera más precisa y eficaz. El microbioma cervicovaginal y su modulación ofrecen una nueva frontera para la medicina personalizada en el campo de la oncología.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por SECIHTI CBF2023-2024-1208.

Referencias

- Aagaard, K., Petrosino, J., Keitel, W., Watson, M., Katancik, J., García, N., Patel, S., Cutting, M., Madden, T., Hamilton, H., Harris, E., Gevers, D., Simone, G., McInnes, P., & Versalovic, J. (2013). The Human Microbiome Project strategy for comprehensive sampling of the human microbiome and why it matters. *FASEB Journal*, 27(3), 1012-22. <https://doi.org/10.1096/fj.12-220806>
- Abdul-Rahman, T., Ghosh, S., Badar, S.M., Nazir, A., Bamigbade, G.B., Aji, N., & Horbas, V. (2024). The paradoxical role of cytokines and chemokines at the tumormicroenvironment: a comprehensive review. *European Journal of Medical Research*, 29(124). <https://doi.org/10.1186/s40001-024-01711-z>
- Aghbash, P.S., Rasizadeh, R., Nahand, J.S., & Baghi, H.B. (2025). The role of immune cells and inflammasomes in modulating cytokine responses in HPV-related cervical cancer. *International Immunopharmacology*, 145, 113625. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2024.113625>
- Aldunate, M., Tyssen, D., Johnson, A., Zakir, T., Sonza, S., Moench, T., Cone, R., & Tachedjian, G. (2013). Vaginal concentrations of lactic acid potentially inactivate HIV. *Journal Antimicrobial Chemotherapy*, 68(9), 2015-2025. <https://doi.org/10.1093/jac/dkt156>
- Arokiyaraj, S., Seo, S.S., Kwon, M., Lee, J.K., & Kim, M.K. (2018). Association of cervical microbial community with persistence, clearance, and negativity of Human Papillomavirus in Korean women: A longitudinal study. *Scientific Reports*, 8(1), 15479. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33750-y>
- Aroutcheva, A., Gariti, D., Simon, M., Shott, S., Faro, J., Simoes, J.A., Gurguis, A., & Faro, S. (2001). Defense factors of vaginal lactobacilli. *American Journal of Obstetrics & Gynecology*, 185(2), 375-379. <https://doi.org/10.1067/mob.2001.115867>
- Boris, S., & Barbes, C. (2000). Role played by lactobacilli in controlling the population of vaginal pathogens. *Microbes and Infection*, 2(5), 543-546. [https://doi.org/10.1016/s1286-4579\(00\)00313-0](https://doi.org/10.1016/s1286-4579(00)00313-0)
- Borrego-Ruiz, A., & Borrego, J.J. (2025). Microbial Pathogens Linked to Vaginal Microbiome Dysbiosis and Therapeutic Tools for Their Treatment. *Acta Microbiologica Hellenica*, 70(2), 19. <https://doi.org/10.3390/amh70020019>
- Bray, F., Ferlay, J., Soerjomataram, I., Siegel, R.L., Torre, L.A., & Jemal, A. (2018). Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 68, 394-424. <https://doi.org/10.3322/caac.21492>
- Brotman, R.M., Shardell, M.D., Gajer, P., Tracy, J.K., Zenilman, J.M., Ravel, J., & Gravitt, P.E. (2014). Interplay Between the Temporal Dynamics of the Vaginal Microbiota and Human Papillomavirus Detection. *The Journal of Infectious Diseases*, 210 (11), 1723-1733. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiu330>
- Brown, S.E., Tuddenham, S., Shardell, M.D., Klebanof, M.A., Ghanem, K.G., & Brotman, R.M. (2023). Bacterial vaginosis and spontaneous clearance of Chlamydia trachomatis in the longitudinal study of vaginal flora. *The Journal of Infectious Diseases*, 228(6), 783-791. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiad142>
- Carter, J.R., Ding, Z., & Rose, B.R. (2011). HPV infection and cervical disease: A review. *Australian and New Zealand Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 51, 103-108. <https://doi.org/10.1111/j.1479-828X.2010.01269.x>
- Carter, K.A., Srinivasan, S., Fiedler, T.L., Anzala, O., Kimani, J., Mochache, V., Wallis, J.M., Fredricks, D.N., McClelland, R.S., & Balkus, J.E. (2021). Vaginal Bacteria and Risk of Incident and Persistent Infection with High-Risk Subtypes of Human Papillomavirus: A Cohort Study Among Kenyan Women. *Sex Transm Dis*, 48(7), 499-507. doi: 10.1097/OLQ.0000000000001343
- Chaban, B., Links, M.G., Jayaprakash, T.P., Wagner, E.C., Bourque, D.K., Lohn, Z., Albert, A.Y., van Schalkwyk, J., Reid, G., Hemmingsen, S.M., Hill, J.E., & Money, D.M. (2014). Characterization of the vaginal microbiota of healthy Canadian women through the menstrual cycle. *Microbiome*, 2(23). <https://doi.org/10.1186/2049-2618-2-23>
- Chee, W.J.Y., Chew, S.Y., & Than, L.T.L. (2020). Vaginal microbiota and the potential of Lactobacillus derivatives in maintaining vaginal health. *Microbial cell factories*, 19(203). <https://doi.org/10.1186/s12934-020-01464-4>
- Chen, X., Lu, Y., Chen, T., & Li, R. (2021). The Female Vaginal Microbiome in Health and Bacterial Vaginosis. *Front Cell Infect Microbiol*, 11, 631972. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.631972>
- Chen, Y., Qiu, X., Wang, W., Li, D., Wu, A., Hong, Z., Di, W., & Qiu, L. (2020). Human papillomavirus infection and cervical intraepithelial neoplasia progression are associated with increased vaginal microbiome diversity in a Chinese cohort. *BMC Infect Dis*, 20(1), 629. <https://doi.org/10.1186/s12879-020-05324-9>
- Chen, C., Song, X., Wei, W., Zhong, H., Dai, J., Lan, Z., Li, F., Yu, X., Feng, Q., Wang, Z., Xie, H., Chen, X., Zeng, C., Wen, B., Zeng, L., Du, H., Tang, H., Xu, C., Xia, Y., Xia, H., & Jia, H. (2017). The microbiota continuum along the female reproductive tract and its relation to uterine-related diseases. *Nature Communications*, 8(1), 875. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00901-0>
- Chiurchiù, V., Leuti, A., & Maccarrone, M. (2018). Bioactive lipids and chronic inflammation: managing the fire within. *Frontiers in Immunology*, 9(38). <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.00038>
- Clarke, M.A., Rodriguez, A.C., Gage, J.C., Herrero, R., Hildesheim, A., Wacholder, S., Burk, R., & Schiffman, M. (2012). A large, population-based study of age-related associations between vaginal pH and human papillomavirus infection. *BMC Infect Dis*, 12(33). <https://doi.org/10.1186/1471-2334-12-33>
- de Sanjose, S., Quint, W.G.V., Alemany, L., Geraets, D.T., Klaustermeier, J.E., Lloveras, B., Tous, S., Felix, A., Bravo, L.E., Shin, H.R., Vallejos, C.S., Alonso de Ruiz, P., Lima, M.A., Guimera, N., Clavero,

- O., Alejo, M., Llombart-Bosch, A., Cheng-Yang, C., Tatt, S.A.... & Bosch, X. (2010). Human papillomavirus genotype attribution in invasive cervical cancer: A retrospective cross-sectional worldwide study. *Lancet Oncol*, 11(11), 1048–1056. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(10\)70230-8](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(10)70230-8)
- Delgado-Díaz, D.J., Tyssen, D., Hayward, J.A., Gugasyan, R., Hearps, A.C., & Tachadjian, G. (2020). Distinct immune responses elicited from cervicovaginal epithelial cells by lactic acid and short chain fatty acids associated with optimal and nonoptimal vaginal microbiota. *Front Cell Infect Microbiol*, 9, 446. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2019.00446>
- Dong, M., Dong, Y., Bai, J., Li, H., Ma, X., Li, B., Ma, X., Wang, C., Li, H., Qi, W., Fan, A., Han, C., & Xue, F. (2023). Interactions between microbiota and cervical epithelial, immune, and mucus barrier. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 13, 1124591. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1124591>
- Doorbar, J. (2006). Molecular Biology of Human Papillomavirus Infection and Cervical Cancer. *Clin Sci (Lond)*, 110, 525–541. <https://doi.org/doi:10.1042/CS20050369>
- Duranti, S., Pietragalla, A., Daniele, G., Nero, C., Ciccarone, F., Scambia, G., & Lorusso, D. (2021). Role of immune checkpoint inhibitors in cervical cancer: From preclinical to clinical data. *Cancers*, 13, 2089. <https://doi.org/10.3390/cancers13092089>
- Edwards, V. L., Smith, S.B., McComb, E.J., Tamarelle, J., Ma, B., Humphrys, M.S., Gajer, P., Gwilliam, K., Schaefer, A.M., Lai, S.K., Terplan, M., Mark, K.S., Brotman, R.M., Forney, L.J., Bavoil, P.M., & Ravel, J. (2019). The cervicovaginal microbiota-host interaction modulates Chlamydia trachomatis infection. *mBio*, 10(4), e01548–e01519. <https://doi.org/10.1128/mBio.01548-19>
- Feghali, C.A., & Wright, T.M. (1997). Cytokines in acute and chronic inflammation. *Front Biosci*, 2(1), d12–d26. <https://doi.org/10.2741/a171>
- Ferlay, J., Ervik, M., Lam, F., Laversanne, M., Colombet, M., Mery, L., Piñeros, M., Znaor, A., Soerjomataram, I., & Bray, F. (2024). *Global Cancer Observatory: Cancer Today*. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. <https://gco.iarc.who.int/today>, accessed [12 September 2025].
- Fettweis, J.M., Brooks, J.P., Serrano, M.G., Sheth, N.U., Girerd, P.H., Edwards, D.J., & Strauss, J.F. (2014). The Vaginal Microbiome Consortium. Jefferson, K.K., Buck, G.A. (2014). Differences in vaginal microbiome in African American women versus women of European ancestry. *Microbiology* 160(10), 2272–2282. <https://doi.org/10.1099/mic.0.081034-0>
- France, M.T., Ma, B., Gajer, P., Brown, S., Humphrys, M.S., Holm, J.B., Waetjen, L.E., Brotman, R.M., & Ravel, J. (2020). VALENCIA: A nearest Centroid Classification Method for Vaginal Microbial Communities Based on Composition. *Microbiome*, 8(1), 166. <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00934-6>
- Fraszczak, K., Barczyński, B., & Kondracka, A. (2022). Does Lactobacillus Exert a Protective Effect on the Development of Cervical and Endometrial Cancer in Women? *Cancers*, 14(19), 4909. <https://doi.org/10.3390/cancers14194909>
- Fredricks, D.N., Fiedler, T.L., & Marrazzo, J.M. (2005). Molecular identification of bacteria associated with bacterial vaginosis. *New England Journal of Medicine*, 353(18), 1899–1911. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa043802>
- Gajer, P., Brotman, R.M., Bai, G., Sakamoto, J., Schütte, U.M., Zhong, X., Koenig, S.S., Fu, L., Ma, Z.S., Zhou, X., Abdo, Z., Forney, L.J., & Ravel, J. (2012). Temporal dynamics of the human vaginal microbiota. *Science Translational Medicine*, 4(132), 132ra52. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3003605>
- Gambini, J., & Stromsnes, K. (2022). Oxidative stress and inflammation: from mechanisms to therapeutic approaches. *Biomedicines*, 10(4), 753. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10040753>
- Gao, W., Weng, J., Gao, Y., & Chen, X. (2013). Comparison of the Vaginal Microbiota Diversity of Women With and Without Human Papillomavirus Infection: A Cross-Sectional Study. *BMC Infect Diseases*, 13(1), 271. <https://doi.org/10.1186/1471-2334-13-271>
- Gholiof, M., Adamson-De Luca, E., & Wessels, J.M. (2022). The female reproductive tract microbiotas, inflammation, and gynecological conditions. *Frontiers in Reproductive Health*, 4, 963752. <https://doi.org/10.3389/frph.2022.963752>
- Gillet, E., Meys, J.F., Verstraelen, H., Bosire, C., De Sutter, P., Temmerman, M., & Broeck, D.V. (2011). Bacterial vaginosis is associated with uterine cervical human papillomavirus infection: A meta-analysis. *BMC Infectious Diseases*, 11, 10. <https://doi.org/10.1186/1471-2334-11-10>
- Golijow, C.D., Abba, M.C., Mouron, S.A., Laguens, R.M., Dulout, F.N., & Smith, J.S. (2005). Chlamydia trachomatis and human papillomavirus infections in cervical disease in Argentine women. *Gynecologic Oncology*, 96(1), 181–186. <https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2004.09.037>
- Graham, S.V. (2017). The Human Papillomavirus Replication Cycle, and Its Links to Cancer Progression: A Comprehensive Review. *Clinical Science*, 131, 2201–2221. <https://doi.org/10.1042/CS20160786>
- Gudnadottir, U., Debelius, J.W., Du, J., Hugerth, L.W., Danielsson, H., Schuppe-Koistinen, I., Fransson, E., & Brusselaers, N. (2022). The vaginal microbiome and the risk of preterm birth: a systematic review and network meta-analysis. *Scientific Reports*, 12(1), 7926. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12007-9>
- Guijon, F., Paraskevas, M., Rand, F., Heywood, E., Brunham, R., & McNicol, P. (1992). Vaginal microbial flora as a cofactor in the pathogenesis of uterine cervical intraepithelial neoplasia. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, 37(3), 185–191. [https://doi.org/10.1016/0020-7292\(92\)90379-W](https://doi.org/10.1016/0020-7292(92)90379-W)
- Guo, Y.L., You, K., Qiao, J., Zhao, Y.M., & Geng, L. (2012). Bacterial vaginosis is conducive to the persistence of HPV infection. *International Journal of STD & AIDS*, 23(8), 581–584. <https://doi.org/10.1258/ijsa.2012.011342>
- Gutiérrez-Hoya, A., & Soto-Cruz, I. (2021). NK Cell Regulation in Cervical Cancer and Strategies for Immunotherapy. *Cells*, 10(11), 3104. <https://doi.org/10.3390/cells10113104>

- Hannoodde, S., & Nasuruddin, D.N. (2024). *Acute inflammatory response*. In *Stat Pearls*. Stat Pearls Publishing.
- Horvath, C.A., Boulet, G.A., Renoux, V.M., Delvenne, P.O., & Bogers, J.P.J. (2010). Mechanisms of Cell Entry by Human Papillomaviruses: An Overview. *Virology Journal*, 7(11). <https://doi.org/10.1186/1743-422X-7-11>
- Huang, X., Li, C., Li, F., Zhao, J., Wan, X., & Wang, K. (2018). Cervicovaginal microbiota composition correlates with the acquisition of high-risk human papillomavirus types. *International Journal of Cancer*, 143(3), 621–634. <https://doi.org/10.1002/ijc.31342>.
- Huang, R., Liu, Z., Sun, T., & Zhu, L. (2024). Cervicovaginal Microbiome, High-Risk HPV Infection and Cervical Cancer: Mechanisms and Therapeutic Potential. *Microbiological Research*, 287, 127857. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2024.127857>
- Koumans, E.H., Sternberg, M., Bruce, C., McQuillan, G., Kendrick, J., Sutton, M., & Markowitz, L.E. (2007). The prevalence of bacterial vaginosis in the United States, 2001–2004; associations with symptoms, sexual behaviors, and reproductive health. *Sexually Transmitted Diseases*, 34(11), 864–869. <https://doi.org/10.1097/OLQ.0b013e318074e565>
- Kwasniewski, W., Wolun-Cholewa, M., Kotarski, J., Warchol, W., Kuzma, D., Kwasniewska, A., & Gozdicka-Jozefiak, A. (2018). Microbiota dysbiosis is associated with HPV-induced cervical carcinogenesis. *Oncology Letters*, 16(6), 7035–7047. <https://doi.org/10.3892/ol.2018.9509>
- Kyrgiou, M., Mitra, A., & Moscicki, A.B. (2016). Does the vaginal microbiota play a role in the development of cervical cancer? *Translational Research*, 179, 168–182. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2016.07.004>
- Kyrgiou, M., & Moscicki, A.B. (2022). Vaginal Microbiome and Cervical Cancer. *Seminars in Cancer Biology*, 86(3), 189–198. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2022.03.005>
- Lamont, R.F., Sobel, J.D., Akins, R.A., Hassan, S.S., Chaiworapongsa, T., Kusanovic, J.P., & Romero, R. (2011). The vaginal microbiome: new information about genital tract flora using molecular based techniques. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, 118(5), 533–549. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0528.2010.02840.x>
- Landskron, G., De la Fuente, M., Thuwajit, P., Thuwajit, C., & Hermoso, M.A. (2014). Chronic inflammation and cytokines in the tumor microenvironment. *Journal of Immunology Research*, 2014(1), 149185. <https://doi.org/10.1155/2014/149185>
- Łaniewski, P., Barnes, D., Goulder, A., Cui, H., Roe, D.J., Chase, D.M., & Herbst-Kralovetz, M.M. (2018). Linking Cervicovaginal Immune Signatures, HPV and Microbiota Composition in Cervical Carcinogenesis in non-Hispanic and Hispanic Women. *Scientific Reports*, 8(1), 7593. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25879-7>.
- Li, L., Yu, R., Cai, T., Chen, Z., Lan, M., Zou, T., Wang, B., Wang, Q., Zhao, Y., & Cai, Y. (2020). Effects of immune cells and cytokines on inflammation and immunosuppression in the tumor microenvironment. *International Immunopharmacology*, 88, 106939. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2020.106939>
- Libby, P. (2007). Inflammatory Mechanisms: the Molecular Basis of Inflammation and Disease. *Nutrition Reviews*, 65(3), S140–S146. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2007.tb00352.x>
- Lin, W., Zhang, Q., Chen, Y., Dong, B., Xue, H., Lei, H., Lu, Y., Wei, X., & Sun, P. (2022). Changes of the vaginal microbiota in HPV infection and cervical intraepithelial neoplasia: A cross-sectional analysis. *Scientific Reports*, 12(1), 2812. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06731-5>
- Linhares, I.M., Summers, P.R., Larsen, B., Giraldo, P.C., & Witkin, S.S. (2011). Contemporary perspectives on vaginal pH and lactobacilli. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 204(2), 120.e1–120.e5. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2010.07.010>
- Liu, H., Liang, H., Li, D., Wang, M., & Li, Y. (2022). Association of Cervical Dysbacteriosis, HPV Oncogene Expression, and Cervical Lesion Progression. *Microbiol Spectr*, 10(5), e0015122. <https://doi.org/10.1128/spectrum.00151-22>
- Liu, Y., Wang, S., Liu, J., Su, M., Diao, X., Liang, X., Zhang, J., Wang, Q., & Zhan, Y. (2023). Characteristics of Vaginal Microbiota in Various Cervical Intraepithelial Neoplasia: A Cross-Sectional Study. *J Transl Med*, 21(1), 816. <https://doi.org/10.1186/s12967-023-04676-5>
- Lloyd-Price, J., Abu-Ali, G., & Huttenhower, C. (2016). The healthy human microbiome. *Genome Medicine*, 8(1), 51. <https://doi.org/10.1186/s13073-016-0307-y>
- Ma, B., Forney, L.J., & Ravel, J. (2012). Vaginal microbiome: rethinking health and disease. *Annual Review of Microbiology*, 66, 371–389. <https://doi.org/10.1146/annurev-micro-092611-150157>
- Ma, Z.S., & Li, L. (2017). Quantifying the Human Vaginal Community State Types (CSTs) with the Species Specificity Index. *PeerJ*, 5, e3366. <https://doi.org/10.7717/peerj.3366>
- Ma, Y., Li, Y., Liu, Y., Cao, L., Han, X., Gao, S., & Zhang, C. (2023). Vaginal Microbiome Dysbiosis Is Associated with the Different Cervical Disease Status. *Journal of Microbiology*, 61(4), 423–432. <https://doi.org/10.1007/s12275-023-00039-3>
- Mahajan, G., Doherty, E., To, T., Sutherland, A., Grant, J., Junaid, A., Gulati, A., LoGrande, N., Iza-difar, Z., Timilsina, S.S., Horváth, V., Plebani, R., France, M., Hood-Pishchany, I., Rakoff-Nahoum, S., Kwon, D.S., Goyal, G., Prantil-Baun, R., Ravel, J., & Ingber, D.E. (2022). Vaginal microbiome-host interactions modeled in a human vagina-on-a-chip. *Microbiome*, 10(1), 201. <https://doi.org/10.1186/s40168-022-01400-1>
- Manhazva, M.T., Abrahams, A.G., Gamielien, H., Froissart, R., Jaspan, H., Jaumdally, S.Z., Barnabas, S.L., Dabee, S., Bekker, L.G., Gray, G., Passmore, J.S., & Masson, L. (2020). Inflammatory and antimicrobial properties differ between vaginal *Lactobacillus* isolates from South African women with nonoptimal versus optimal microbiota. *Scientific Reports*, 10(1), 6196. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62184-8>

- Marchesi, J.R., & Ravel, J. (2015). The vocabulary of microbiome research: a proposal. *Microbiome*, 3(31). <https://doi.org/10.1186/s40168-015-0094-5>
- Martin, V., Maldonado, A., Fernández, L., Rodríguez, J.M., & Connor, R.I. (2010). Inhibition of human immunodeficiency virus type 1 by lactic acid bacteria from human breastmilk. *Breastfeeding Medicine*, 5(4), 153–158. <https://doi.org/10.1089/bfm.2010.0001>
- Martínez-Peña, M.D., Castro-Escarpulli, G., & Aguilera-Arreola, M.G. (2013). Lactobacillus species isolated from vaginal secretions of healthy and bacterial vaginosis-intermediate Mexican women: a prospective study. *BMC Infectious Diseases*, 13, 189. <https://doi.org/10.1186/1471-2334-13-189>
- McKinnon, L.R., Achilles, S.L., Bradshaw, C.S., Burgener, A., Crucitti, T., Fredricks, D.N., Jaspán, H.B., Kaul, R., Kaushic, C., Klatt, N., Kwon, D.S., Marrazzo, J.M., Masson, L., McClelland, R.S., Ravel, J., van de Wijgert, J.H.H.M., Vodstrcil, L.A., & Tachedjian, G. (2015). The evolving facets of bacterial vaginosis: implications for HIV transmission. *AIDS Research and Human Retroviruses*, 35(3), 219–228. <https://doi.org/10.1089/AID.2018.0304>
- Mendes-Soares, H., Suzuki, H., Hickey, R.J., & Forney, L.J. (2014). Comparative functional genomics of Lactobacillus spp. Reveals possible mechanisms for specialization of vaginal lactobacilli to their environment. *Journal of Bacteriology*, 196(7), 1458–1470. <https://doi.org/10.1128/JB.01439-13>
- Michalak, K.P., & Michalak, A.Z. (2025). Understanding chronic inflammation: couplings between cytokines, ROS, NO, Cai 2+, HIF-1 α , Nrf2 and autophagy. *Frontiers in Immunology*, 16, 1558263. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1558263>
- Mitra, A., MacIntyre, D.A., Lee, Y.S., Smith, A., Marchesi, J.R., Lehne, B., Bhatia, R., Lyons, D., Paraskevaidis, E., Li, J.V., Holmes, E., Nicholson, J.K., Bennett, P.R., & Kyrgiou, M. (2015). Cervical Intraepithelial Neoplasia Disease Progression is Associated with Increased Vaginal Microbiome Diversity. *Scientific Reports*, 5(1), 16865. <https://doi.org/10.1038/srep16865>
- Mitra, A., MacIntyre, D.A., Marchesi, J.R., Lee, Y.S., Bennett, P.R., & Kyrgiou, M. (2016). The Vaginal Microbiota, Human Papillomavirus Infection and Cervical Intraepithelial Neoplasia: What Do We Know and Where Are We Going Next? *Microbiome*, 4(1), 58. <https://doi.org/10.1186/s40168-016-0203-0>
- Moerman-Herzog, A., & Nakagawa, M. (2015). Early Defensive Mechanisms against Human Papillomavirus Infection. *Clinical and Vaccine Immunology*, 22(8), 850–857. <https://doi.org/10.1128/CVI.00223-15>
- Molina, M.A., Leenders, W.P.J., Huynen, M.A., Melchers, W.J.G., & Andralojc, K.M. (2024). Temporal composition of the cervicovaginal microbiome associates with hrHPV infection outcomes in a longitudinal study. *BMC Infectious Diseases*, 24(1), 552. <https://doi.org/10.1186/s12879-024-09455-1>
- Multhoff, G., Molls, M., & Radons, J. (2012). Chronic inflammation in cancer development. *Frontiers in Immunology*, 2, 98. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2011.00098>
- Muñoz, N., Bosch, F.X., De Sanjosé, S., Herrero, R., Castellsagué, X., Shah, K.V., Snijders, P.J.F., & Meijer, C.J.L.M. (2003). Epidemiologic Classification of Human Papillomavirus Types Associated with Cervical Cancer. *New England Journal of Medicine*, 348, 518–527. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa021641>
- Nasioudis, D., Beghini, J., Bongiovanni, A.M., Giraldo, P.C., Linhares, I.M., & Witkin, S.S. (2015). α -Amylase in vaginal fluid: association with conditions favorable to dominance of Lactobacillus. *Reproductive Sciences*, 22(11), 1393–1398. <https://doi.org/10.1177/1933719115581000>
- Navarro, S., Abla, H., Colmer-Hamood, J.A., Ventolini, G., & Hamood, A.N. (2023). Under conditions closely mimicking vaginal fluid, Lactobacillus jensenii strain 62B produces a bacteriocin-like inhibitory substance that targets and eliminates Gardnerella species. *Microbiology (Reading)*, 169(11), 001409. <https://doi.org/10.1099/mic.0.001409>
- Norenhag, J., Edfeldt, G., Stalberg, K., Garcia, F., Hugerth, L.W., Engstrand, L., Fransson, E., Du, J., Schuppe-Koistinen, I., & Olovsson, M. (2024). Compositional and Functional Differences of the Vaginal Microbiota of Women with and without Cervical Dysplasia. *Scientific Reports*, 14(1), 11183. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61942-2>
- Obeagu, E.I. (2025). Modulation of Chronic Cytokine Dysregulation in Cervical Cancer: Potential Biomarkers and Therapeutic Targets. *Cancer Management and Research*, 17, 1113–1126. <https://doi.org/10.2147/CMAR.S527913>
- Oronsky, B., Caroen, S., & Reid, T. (2022). What exactly is inflammation (and what is it not?). *International Journal of Molecular Sciences*, 23(23), 14905. <https://doi.org/10.3390/ijms232314905>
- Pekmezovic, M., Mogavero, S., Naglik, J.R., & Hube, B. (2019). Host-pathogen interactions during female genital tract infections. *Trends in Microbiology*, 27(12), 982–996. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2019.07.006>
- Petrova, M.I., Lievens, E., Malik, S., Imholz, N., & Lebeer, S. (2015). Lactobacillus species as biomarkers and agents that can promote various aspects of vaginal health. *Frontiers in Physiology*, 6, 81. <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00081>
- Plummer, E.L., Vodstrcil, L.A., & Bradshaw, C.S. (2024). Unravelling the vaginal microbiome, impact on health and disease. *Current Opinion in Obstetrics and Gynecology*, 36(5), 338–344. <https://doi.org/10.1097/GCO.0000000000000976>
- Ravel, J., Gajer, P., Abdo, Z., Schneider, G.M., Koenig, S.S.K., McCulle, S.L., Karlebach, S., Gorle, R., Russell, J., Tacket, C.O., Brotman, R.M., Davis, C.C., Ault, K., Peralta, L., & Forney, L.J. (2011). Vaginal Microbiome of Reproductive-Age Women. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108 (Suppl. 1), 4680–4687. <https://doi.org/10.1073/pnas.1002611107>
- Ribeiro, A.L., Caodaglio, A.S., & Sichero, L. (2018). Regulation of HPV Transcription. *Clinics (Sao Paulo)*, 73, e486s. <https://doi.org/10.6061/clinics/2018/e486s>

- Roy-Biswas, S., & Hibma, M. (2025). The Epithelial Immune Response to Human Papillomavirus Infection. *Pathogens*, 14(5), 464. <https://doi.org/10.3390/pathogens14050464>
- Sanjabi, S., Oh, S.A., & Li, M.O. (2017). Regulation of the immune response by TGF- β : from conception to autoimmunity and infection. *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, 9(6), a022236. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a022236>
- Schellekens, H.C., Schmidt, L.M., Morré, S.A., van Esch, E.M., & de Vos van Steenwijk, P.J. (2025). Vaginal microbiota and local immunity in HPV-induced high-grade cervical dysplasia: a narrative review. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(9), 3954. <https://doi.org/10.3390/ijms26093954>
- Schwecht, I., Nazli, A., Gill, B., & Kaushic, C. (2023). Lactic acid enhances vaginal epithelial barrier integrity and ameliorates inflammatory effects of dysbiotic short chain fatty acids and HIV-1. *Scientific Reports*, 13(1), 20065. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47172-y>
- Scott, M.L., Woodby, B.L., Ulicny, J., Raikhy, G., Orr, A.W., Songcock, W.K., & Bodily, J.M. (2020). Human Papillomavirus 16 E5 Inhibits Interferon Signaling and Supports Episomal Viral Maintenance. *Journal of Virology*, 94(2), e01582-19. <https://doi.org/10.1128/JVI.01582-19>
- Sharma, S., & Munger, K. (2020). The role of Long Noncoding RNAs in Human Papillomavirus-Associated Pathogenesis. *Pathogens*, 9(4), 289. <https://doi.org/10.3390/pathogens9040289>
- Sirota, I., Zarek, S.M., & Segars, J.H. (2014). Potential influence of the microbiome on infertility and assisted reproductive technology. *Semin Reprod Med*, 32(1), 35–42. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1361821>
- Smart, S., Singal, A., & Mindel, A. (2004). Social and sexual risk factors for bacterial vaginosis. *Sexually Transmitted Infections*, 80(1), 58–62. <https://doi.org/10.1136/sti.2003.004978>
- So, K.A., Yang, E.J., Kim, N.R., Hong, S.R., Lee, J.H., Hwang, C.S., Shim, S.H., Lee, S.J., & Kim, T.J. (2020). Changes of Vaginal Microbiota during Cervical Carcinogenesis in Women with Human Papillomavirus Infection. *PLoS ONE*, 15(9), e0238705. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238705>
- Songcock, W.K., Kim, S.-M., & Bodily, J.M. (2017). The human papillomavirus E7 oncoprotein as a regulator of transcription. *Virus Research*, 231, 56–75. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2016.10.017>
- Stenvinkel, P., Ketteler, M., Johnson, R.J., Lindholm, B., Pecoits-Filho, R., Riella, Heimburger, O., Cederholm, T., & Girndt, M. (2005). IL-10, IL-6, and TNF- α : central factors in the altered cytokine network of uremia—the good, the bad, and the ugly. *Kidney International*, 67(4), 1216–1233. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1755.2005.00200.x>
- Stoyancheva, G., Marzotto, M., Dellaglio, F., & Torriani, S. (2014). Bacteriocin production and gene sequencing analysis from vaginal Lactobacillus strains. *Archives of Microbiology*, 196(9), 645–653. <https://doi.org/10.1007/s00203-014-1003-1>
- Swidsinski, S., Moll, W.M., & Swidsinski, A. (2023). Bacterial Vaginosis—Vaginal Polymicrobial Biofilms and Dysbiosis. *Deutsches Ärzteblatt International*, 120(20), 347–354. <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2023.0090>
- Tachedjian, G., Aldunate, M., Bradshaw, C.S., & Cone, R.A. (2017). The role of lactic acid production by probiotic Lactobacillus species in vaginal health. *Research in Microbiology*, 168(9–10), 782–792. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2017.04.001>
- Takagi, M. (2024). Acute and chronic inflammation. In: *Macrophages Biology and Tissue Inflammation in Health and Disease* (pp. 21–35). Academic Press.
- Teka, B., Yoshida-Court, K., Firdawoke, E., Chanyalew, Z., Gizaw, M., Addissie, A., Mihret, A., Colbert, L.E., Napravnik, T.C., El Alam, M.B., Lynn, E.J., Mezzari, M., Anuja, J., Kantelhardt, E.J., Kaufmann, A.M., Klopp, A.H., & Abebe, T. (2023). Cervicovaginal Microbiota Profiles in Precancerous Lesions and Cervical Cancer among Ethiopian Women. *Microorganisms*, 11(4), 833. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11040833>
- Toner, K., McCann, C.D., & Bollard, C.M. (2024). Applications of cell therapy in the treatment of virus-associated cancers. *Nature Reviews Clinical Oncology*, 21(10), 709–724. <https://doi.org/10.1038/s41571-024-00930-x>
- Torcia, M.G. (2019). Interplay among Vaginal Microbiome, Immune Response and Sexually Transmitted Viral Infections. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(2), 266. <https://doi.org/10.3390/ijms20020266>
- Ursell, L.K., Metcalf, J.L., Parfrey, L.W., & Knight, R. (2012) Defining the human microbiome. *Nutrition Reviews*, 70(Suppl 1), S38–44. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00493.x>
- Van De Wijk, J.H., Borgdorff, H., Verhelst, R., Crucitti, T., Francis, S., Verstraalen, H., & Jaspers, V. (2014). The vaginal microbiota: what have we learned after a decade of molecular characterization? *PLoS One*, 9(8), e105998. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105998>
- Vandenbergh, P.A. (1993). Lactic acid bacteria, their metabolic products and interference with microbial growth. *FEMS Microbiology Reviews*, 12(1–3), 221–237. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.1993.tb00020.x>
- Vitali, B., Cruciani, F., Picone, G., Parolin, C., Donders, G., & Laghi, L. (2015). Vaginal Microbiome and Metabolome Highlight Specific Signatures of Bacterial Vaginosis. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 34(12), 2367–2376. <https://doi.org/10.1007/s10096-015-2490-y>
- Vriend, H.J., Bogaards, J.A., van Bergen, J.E.A.M., Brink, A.A.T.P., van den Broek, I.V.F., Hoebe, C.J.P.A., King, A.J., van der Sande, M.A.B., Wolffs, P.F.G., & de Melker, H.E. (2015). Incidence and persistence of carcinogenic genital human papillomavirus infections in young women with or without Chlamydia trachomatis co-infection. *Cancer Medicine*, 4, 1589–1598. <https://doi.org/10.1002/cam4.496>
- Wang, Y., Noel-Romas, L., Perner, M., Knodel, S., Molatlhegi, R., Hoger, S., Birse, K., Zuend, C.F., McKinnon, L.R., & Burgener, A.D. (2023). Non-Lactobacillus-dominant and polymicrobial vaginal microbiomes are more common in younger South African women and predictive of increased

- risk of human immunodeficiency virus acquisition. *Clinical Infectious Diseases*, 76(8), 1372–1381. <https://doi.org/10.1093/cid/ciac938>
- Wang, R., Pan, W., Jin, L., Huang, W., Li, Y., Wu, D., Gao, C., Ma, D., & Liao, S. (2020). Human papillomavirus vaccine against cervical cancer: Opportunity and challenge. *Cancer Letters*, 471, 88–102. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2019.11.039>
- Wen, Y., Zhu, Y., Zhang, C., Yang, X., Gao, Y., Li, M., Yan, H., Liu, T., & Tang, H. (2022). Chronic inflammation, cancer development and immunotherapy. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 1040163. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1040163>
- Witkin, S.S., Linhares, I.M., Mendes-Soares, H., Jayaram, A., Ledger, W.J., & Forney, L.J. (2013). Influence of vaginal bacteria and D- and L-lactic acid isomers on vaginal extracellular matrix metalloproteinase inducer: implications for protection against upper genital tract infections. *mBio*, 4(4), e00460–e00413. <https://doi.org/10.1128/mBio.00460-13>
- Witkin, S.S., & Linhares, I.M. (2017). Why do lactobacilli dominate the human vaginal microbiota? *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, 124(4), 606–611. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.14390>
- Wu, M., Gao, J., Wu, Y., Li, Y., Chen, Y., Zhao, F., Li, C., & Ying, C. (2020). Characterization of Vaginal Microbiota in Chinese Women with Cervical Squamous Intra-Epithelial Neoplasia. *International Journal of Gynecological Cancer*, 30(10), 1500–1504. <https://doi.org/10.1136/ijgc-2020-001341>
- Xiao, B.B., & Liao, Q.P. (2012). Analysis of diversity of vaginal microbiota in healthy Chinese women by using DNA-fingerprinting. *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*, 44(2), 281–287. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22517004/>
- Yeo-The, N.S.L., Ito, Y., & Jha, S. (2018) High-Risk Human Papillomaviral Oncogenes E6 and E7 Target Key Cellular Pathways to Achieve Oncogenesis. *International Journal of Molecular Sciences*, 19, 1706. <https://doi.org/10.3390/ijms19061706>
- Yi, M., Li, T., Niu, M., Zhang, H., Wu, Y., Wu, K., & Dai, Z. (2024). Targeting cytokine and chemokine signaling pathways for cancer therapy. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 9(1), 176. <https://doi.org/10.1038/s41392-024-01868-3>
- Zhang, C., Chen, Y., Long, Y., Zheng, H., Jing, J., & Pan, W. (2024). Helicobacter pylori and gastrointestinal cancers: recent advances and controversies. *Clinical Medicine Insights Oncology*, 18, 11795549241234637
- Zheng, Z.M., & Wang, X. (2011). Regulation of cellular miRNA expression by human papillomaviruses. *Biochim Biophys Acta Gene Regulatory Mechanism*, 1809, 668–677. <https://doi.org/10.1016/j.bbagr.2011.05.005>
- Zheng, X., Hu, N., Liu, J., Zhao, K., Li, H., Wang, J., Zhang, M., Zhang, L., Song, L., Lyu, Y., Cui, M., Ding, L., & Wang, J. (2023). Cervicovaginal Microbiota Disorder Combined with the Change of Cytosine Phosphate Guanine Motif- Toll like Receptor 9 Axis Was Associated with Cervical Cancerization. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*, 149(19), 17371–17381. <https://doi.org/10.1007/s00432-023-05453-z>
- Zilber-Rosenberg, I., & Rosenberg, E. (2008). Role of Microorganisms in the Evolution of Animals and Plants: The Hologenome Theory of Evolution. *FEMS Microbiology Reviews*, 32(5), 723–735. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2008.00123.x>

Emociones digitales: arte para la neurodivergencia

Cynthia Patricia Villagómez-Oviedo¹

Resumen

Este artículo analiza la relación entre el arte electrónico en México y su capacidad de inducir emociones específicas, con especial atención a la inclusión de personas neurodivergentes, particularmente con autismo grado I. Se revisan obras de artistas como Leslie García, Rafael Lozano-Hemmer y Claudia Robles-Ángel, quienes emplean tecnologías interactivas —como biofeedback, sensores y realidad virtual— para generar experiencias sensoriales que evocan emociones básicas (alegría, calma, miedo) y que pueden apoyar a individuos autistas en la regulación de sus emociones, considerando su hipersensibilidad sensorial y dificultades en la interocepción. A partir de este panorama, se propone un modelo de inducción emocional aplicado al arte electrónico, sustentado en teorías psicológicas (Bisquerra, 2021; Damasio, 2016; LeDoux, 1999) y en metodologías que incluyen evocaciones autobiográficas, imágenes y entornos inmersivos. Aunque las respuestas emocionales dependen de factores culturales e históricos, casos como Mind Scape —obra centrada en el control cerebral de emociones— evidencian el potencial terapéutico y social del arte interactivo. Finalmente, se subraya la necesidad de impulsar investigaciones colaborativas entre artistas y comunidades neurodivergentes para promover obras inclusivas que reconozcan la diversidad y contribuyan al bienestar y la calidad de vida.

Palabras clave: arte electrónico, inducción emocional, neurodiversidad, autismo, arte interactivo, regulación emocional.

Cómo citar: Villagómez-Oviedo, C. (2026). Emociones digitales: arte para la neurodivergencia. En Altamira, J., Calles, M. (Coord.). *Salud y Género: retos y aportes desde la investigación*. High Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/saludygenero4>

Digital Emotions: Art for Neurodivergence

Abstract

This article examines the relationship between electronic art in Mexico and its capacity to induce specific emotions, with particular attention to the inclusion of neurodivergent individuals, especially those with Level 1 autism. It reviews works by artists such as Leslie García, Rafael Lozano-Hemmer, and Claudia Robles-Ángel, who employ interactive technologies—such as biofeedback, sensors, and virtual reality—to create sensory experiences that evoke basic emotions (joy, calm, fear) and may support autistic individuals in regulating their emotions, considering their sensory hypersensitivity and difficulties with interoception. Based on this overview, the article proposes a model of emotional induction applied to electronic art, grounded in psychological theories (Bisquerra, 2016; Damasio, 2021; LeDoux, 1999) and methodologies that include autobiographical evocation, imagery, and immersive environments. Although emotional responses depend on cultural and historical factors, cases such as *Mind Scape*—a work centered on the brain-based control of emotions—demonstrate the therapeutic and social potential of interactive art. Finally, the article emphasizes the need to promote collaborative research between artists and neurodivergent communities in order to foster inclusive works that recognize diversity and contribute to well-being and quality of life.

Keywords: electronic art, emotional induction, neurodiversity, autism, interactive art, emotional regulation.

Introducción

El arte electrónico (AE) es una rama del arte contemporáneo que se inscribe dentro del fenómeno global conocido como arte y tecnología, en el que los artistas pueden emplear tanto tecnologías tradicionales como de última generación. Una característica distintiva de muchas obras de AE es la participación activa del espectador, quien no solo contempla, sino que interactúa y se convierte en parte esencial de la experiencia artística. En México, durante las últimas tres décadas, se han desarrollado obras destacadas y reconocidos artistas que han explorado este campo; sin embargo, la interacción del público con estas obras y su dimensión emocional siguen siendo un área poco documentada y analizada (Villagómez-Oviedo, 2017).

La psicología moderna entiende las emociones como conductas visibles y manifiestas, lo que plantea preguntas relevantes para el AE: ¿Es posible que los artistas o estudiantes de arte planifiquen e induzcan emociones específicas en el público? ¿Puede una obra de AE no solo despertar emociones, sino también transformar la percepción de la inclusión de personas neurodivergentes? A partir de los avances en la detección y el desarrollo emocional, se plantea la posibilidad

de crear un modelo de inducción emocional que permita estudiar cómo ciertas obras generan experiencias afectivas por medio de la interacción. Obras que integran tecnologías interactivas como biofeedback, sensores, luz, sonido e incluso realidad virtual han mostrado la capacidad de evocar emociones básicas como alegría, miedo, calma, sorpresa o estados de relajación, ofreciendo potencial terapéutico y educativo, especialmente para personas con autismo grado I (TEA-I) (Villagómez-Oviedo, 2026).

Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de carácter exploratorio-descriptivo, combinando revisión bibliográfica, estudio de casos y trabajo de campo. En una primera fase, se realizó una búsqueda documental durante cuatro años que incluyó literatura especializada sobre TEA-I (por ejemplo, Tony Attwood, 2022), artículos científicos, así como recursos de asociaciones de autismo nacionales e internacionales. Paralelamente, se analizaron contenidos digitales producidos tanto por especialistas como

por personas con TEA-I en plataformas como YouTube e Instagram, lo que permitió incorporar perspectivas vivenciales y actuales.

Se participó en comunidades digitales de personas dentro del espectro (Telegram y WhatsApp), donde se observaron dinámicas de interacción, narrativas y problemáticas comunes. Asimismo, se revisaron productos culturales (series y películas) con representación de personajes autistas, con el fin de identificar estereotipos y contrastarlos con experiencias reales.

El trabajo de campo incluyó entrevistas semiestructuradas, presenciales y virtuales, con especialistas en psicología, psiquiatría y educación especial. Estas entrevistas permitieron complementar la información documental con perspectivas clínicas y educativas. El estudio se realizó bajo criterios éticos estrictos: consentimiento informado, anonimato de los participantes y tratamiento sensible de la información.

Las técnicas de recolección de datos incluyeron observación no estructurada, entrevistas abiertas, revisión documental, registro de experiencias y análisis de narrativas. La investigación se centró en comprender los significados y las experiencias de personas con TEA-I, así como en explorar la relación entre neurodivergencia y arte electrónico.

En cuanto al estudio de casos, se analizaron obras de arte electrónico seleccionadas mediante criterios específicos: uso de tecnologías interactivas (biofeedback, sensores, realidad virtual), capacidad de inducir emociones, potencial de inclusión para personas neurodivergentes, relevancia en el campo artístico y diversidad de enfoques. La selección se realizó a partir de la revisión de literatura, catálogos, bases de datos especializadas y experiencia directa en exposiciones.

El análisis de las obras consideró su tecnología, concepto, estrategias de interacción y capacidad de inducción emocional. A partir de estos elementos, se construyó una propuesta metodológica interdisciplinaria orientada a la producción de arte electrónico con enfoque en la neurodivergencia, particularmente en personas con TEA-I.

Con el fin de garantizar la replicabilidad del estudio, el procedimiento se estructuró en las siguientes etapas: 1) revisión sistemática de literatura científica y especializada sobre TEA-I y arte electrónico; 2) identificación y análisis de contenidos digitales producidos por personas neurodivergentes y especialistas; 3) observación no participante en comunidades digitales, respetando criterios éticos; 4) realización de entre-

vistas semiestructuradas a expertos previamente seleccionados por su experiencia profesional; 5) definición de criterios de selección de obras (interactividad, inducción emocional, inclusión, relevancia y diversidad); 6) conformación de un corpus de casos mediante revisión documental y experiencia directa, y 7) análisis cualitativo comparativo de las obras y testimonios. Este procedimiento puede replicarse siguiendo los mismos criterios de búsqueda, selección y análisis, adaptando los contextos geográficos o poblacionales según los objetivos de cada investigación.

Aproximación a las emociones

El estudio de las emociones es complejo. De acuerdo con Rafael Bisquerra, las emociones son reacciones que el organismo produce a partir de experiencias personales percibidas de forma inmaterial, lo que dificulta su conocimiento y estudio en una sociedad caracterizada por la materialización de las experiencias. “Por ejemplo, la forma de expresar amor muchas veces se realiza materializándolo con un regalo. Necesitamos ver y tocar las cosas para comprenderlas mejor” (Bisquerra, 2021, p. 15). Así, la respuesta emocional proviene del término emoción, el cual es muy ambiguo. Existen varias formas de clasificar las emociones: los tipos de emociones básicas, según Ekman citado por Frome (2007, p. 831), son alegría, tristeza, asco, miedo, ira, sorpresa, interés y desprecio; para Ortory, Clore y Collins citados por Frome (2007, p. 831-832), las emociones pueden ser positivas o negativas; Damasio (2016), al igual que Bisquerra (2021), considera que las emociones son vastas (Frome, 2007, p. 831). Fundamental resulta que “las emociones no son simplemente irracionales. Están basadas en mecanismos cerebrales que han evolucionado porque ayudan a los organismos a sobrevivir” (LeDoux, 1999, p. 24). Pese a ello, no siempre somos conscientes de las emociones que sentimos y de cómo nos afectan; la mayoría de las veces se llevan a cabo reacciones sin que se sepa bien qué las produjo. Los procesos mediante los cuales se suscitan las emociones y el pensamiento racional se hallan entrelazados de formas complejas, debido a que una emoción puede influir en la forma en que razonamos y, de manera simultánea, el razonamiento puede modular la respuesta emocional en términos de duración e intensidad (LeDoux, 1999, pp. 110-116). Las emociones, en general, están construidas para el bienestar de quien las experimenta, incluso las negativas, sin importar que, en ocasiones, estas conduzcan a acciones no

positivas. A su vez, responden a estímulos con un “sentir” fenomenológico asociado a ellas (Frome, 2007, p. 832).

Las siguientes reflexiones fueron realizadas por el neurólogo A. Damasio para aproximarse a una definición de las emociones: una emoción, como la felicidad, la tristeza, la vergüenza o la simpatía, constituye un conjunto complejo de reacciones químicas y neuronales que configuran un patrón distintivo, el cual se produce de manera automática cuando el cerebro percibe un Estímulo Emocionalmente Competente (EEC), es decir, un evento real o recordado que provoca la emoción. El cerebro, moldeado por la evolución, está diseñado para responder a ciertos EEC con repertorios de acción específicos; sin embargo, estos estímulos no se limitan únicamente a lo evolutivo, sino que incluyen aprendizajes adquiridos a lo largo de la vida. Como resultado inmediato, estas respuestas generan cambios temporales en el estado corporal y en las estructuras cerebrales que representan el cuerpo y facilitan el pensamiento, mientras que, de manera directa o indirecta, contribuyen a situar al organismo en condiciones favorables para su supervivencia y bienestar (Damasio, 2016, p. 65).

Entonces, vinculado al tema del AE y a la era digital, es imprescindible destacar obras fundamentales como *Affective Computing* (2000), de R. W. Picard, quien propuso que las computadoras deberían ser capaces de reconocer, expresar e incluso “tener” emociones, con el fin de interactuar de manera más humana e inteligente. En sus palabras: “Las computadoras, si han de ser verdaderamente eficaces en la toma de decisiones, deberán tener emociones o mecanismos similares que trabajen en conjunto con sus sistemas basados en reglas” (Picard, 2000, p. 12). Picard se adelantó a su tiempo. Hoy, con el desarrollo de la inteligencia artificial, los diálogos empáticos entre humanos y máquinas no solo son posibles, sino cada vez más comunes. Por ello, resulta especialmente pertinente reflexionar sobre los cruces entre arte, tecnología, emociones y neurodivergencia, un terreno fértil que cuestiona y redefine los límites de lo humano en la era digital.

Arte electrónico e inclusión: posibilidades terapéuticas

En el caso que nos ocupa, el enfoque es en TEA-I (antes síndrome de Asperger), el cual pasa desapercibido debido a los mecanismos de adaptación social. Esta discapacidad con frecuencia

curso con “altas capacidades intelectuales” y no necesariamente con discapacidad intelectual.

Al autismo con las altas capacidades o AAC-CII, se le conoce como “doble excepcionalidad”, que implica que una persona puede tener un rendimiento intelectual superior a la media “altas capacidades” y, a la vez, tener dificultades de comunicación, interacción social, así como patrones de comportamiento repetitivos, característico del TEA (Talentum, 2025).

Por lo que la persona se halla expuesta a altos niveles de estrés, ansiedad y, en ocasiones, depresión, lo que genera cuadros clínicos complejos que, a la postre, ponen en riesgo su independencia y su vida.

El TEA es una forma de neurodiversidad. El término fue acuñado en 1998 por la socióloga australiana Judy Singer para reconocer que no hay dos cerebros iguales, sino que cada uno se desarrolla y funciona de forma única. Es un “[...] término no médico que describe a las personas cuyo cerebro se desarrolla o funciona de forma diferente por alguna razón [...] la persona presenta fortalezas y dificultades diferentes a las de quienes tienen un cerebro que [...] funciona con mayor normalidad [...] algunas personas neurodivergentes padecen afecciones médicas” (Cleveland Clinic, 2022, párr. 1).

Dentro de los perfiles neurodivergentes se encuentran personas con TEA; trastorno por déficit de atención e hiperactividad; síndrome de Down; discalculia; dislexia; dispraxia; discapacidades intelectuales; diversos trastornos de salud mental; trastorno bipolar; trastorno obsesivo compulsivo; entre otros (Cleveland Clinic, 2022, párr. 26). En el TEA cada caso es distinto, por lo cual cabe referir lo siguiente:

Hay autistas que no tienen “intereses especiales” y los hay que son fanáticos de docenas de temas. Algunos somos diestros en ciertas habilidades y otros necesitamos ayuda en todas las facetas de nuestra existencia. Lo que nos une, en términos generales, es un estilo de procesamiento ascendente [percepción y comprensión del mundo desde los detalles hacia una imagen global] que afecta a todos los aspectos de nuestra vida y a nuestra manera de desenvolvernarnos en el mundo, así como las innumerables dificultades prácticas sociales que conllevará ser diferente (Price, 2022, p. 50).

Sobre el TEA, existen tres niveles o grados, resultando los individuos con TEA-I quienes presentan menores necesidades a ser cubiertas por una tercera persona o dispositivos externos. De acuerdo con el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales, en su 5ta. Edición (DSM-5, 2014), algunas características son movimientos estereotipados o repetitivos, inflexibilidad de rutinas o patrones, intereses restringidos, hiper o hiporreactividad a estímulos sensoriales del entorno y deterioro en la comunicación social: “Los síntomas causan un deterioro clínicamente significativo en lo social, laboral u otras áreas importantes del funcionamiento habitual” (DSM-5, 2014, p. 50).

Asimismo, en el ámbito del arte contemporáneo se ha experimentado tal apertura, que hay cabida para la neurodivergencia. Para el historiador y crítico de arte Terry Smith, el carácter transmutable del arte lo convierte en una fuente inagotable de datos e información, no solo sobre las propias artes visuales. Las artes visuales, dice, coexisten con al menos tres fuerzas que giran sin cesar entre sí y que las influyen en cualquier lugar: la primera fuerza es la globalización, sus deseos de hegemonía frente a la creciente diferenciación cultural, el control del tiempo frente a temporalidades asincrónicas y la explotación continuada de los recursos naturales; la segunda fuerza es la desigualdad entre los pueblos, clases e individuos, los deseos de dominación de los Estados, las ideologías y los sueños de liberación que siguen inspirando a individuos y pueblos; en tercer lugar, el info-espacio en que todos nos encontramos, el espectáculo, la economía de la imagen o el régimen de representación que lo componen y que comunica, de forma instantánea, cualquier imagen (Smith, 2012, pp. 2-12). El arte para la neurodivergencia se situaría en la segunda fuerza, que evidencia la desigualdad entre los individuos.

Los puntos de intersección entre el TEA-I y el AE son diversos. Uno de ellos se encuentra en los perfiles sensoriales especiales de las personas autistas; esto es, que los estímulos se experimentan con mayor intensidad, lo que comúnmente produce problemas en la interacción y la socialización, aunque también puede causar el efecto contrario y funcionar como una ventaja al interactuar con obras de AE en entornos físicos o virtuales. Si los artistas pueden inducir emociones específicas, entonces esas emociones podrían dirigirse a grupos concretos que tengan el potencial de regular ciertas emociones, por ejemplo, mediante la inducción de emociones

que proporcionen tranquilidad, calma y paz interior.

Lo anterior ya ha sido implementado en otros contextos, por ejemplo, en centros comerciales de varios países donde existen cuartos de calma o salas sensoriales para la regulación sensorial y emocional. Dentro del bullicio que un lugar de comercio intenso puede tener, se ofrecen espacios donde no hay ruidos ni colores molestos; hay texturas suaves para tocar y luces tenues, útiles para regular el sistema TEA en sitios con sobrecarga sensorial. Actualmente, hay cuartos de calma en el Sunway Putra Mall, en Kuala Lumpur, que desde 2019 cuenta con una instalación adaptada para personas autistas, además de un día especial para que las personas autistas hagan sus compras (Kaur, 2019, párr. 25); asimismo, el St. Enoch Centre, en Glasgow, abrió en 2018 un cuarto de calma para personas autistas o con necesidades especiales, para quienes las multitudes y los aspectos sensoriales asociados a las compras resultan abrumadores (The Herald Scotland, 2018, párr. 2).

Estos espacios son cuidadosamente planeados de la mano de expertos, así como cuentan con personal que ha sido formado en la comprensión del autismo. De acuerdo con la forma de terapia conocida como ABA (Applied Behavior Analysis), enfocada en entender el autismo, los espacios pueden ser cambiados para proporcionar experiencias sensoriales calmantes, donde una persona autista pueda participar en actividades sensoriales que fomenten la autoorganización y la integración sensorial, además de ofrecer una variedad de beneficios que cumplen diversas funciones según el entorno en el que se utilicen (ApexABA, 2025, párr. 2). Las salas sensoriales ofrecen reducción del estrés, regulación de la conducta, mejora de la atención y el enfoque, integración sensorial, autorregulación e interacción social (ApexABA, 2025, párr. 3).

Esto es posible gracias al ambiente controlado que proporcionan el enfoque sensorial permite a las personas autistas disminuir la agresión y las estereotipias o conductas repetitivas, estos espacios facilitan experiencias que estimulan los sentidos de manera controlada, al posibilitar actividades que favorecen la organización e interpretación de la información sensorial, pues crean un entorno seguro que apoya la regulación emocional y permite al individuo modular su ambiente, al ofrecer espacios que promueven tanto la relajación como la convivencia con los demás.

Lo anterior se consigue a través del uso de luces tenues, sillones acogedores, colores apacibles

como azules y verdes suaves o neutros, control de ruido que minimiza los sonidos de fondo y espacios organizados, libres de acumulación, con áreas designadas para cada actividad; así como mediante el uso de herramientas y equipos tales como luz de fibra óptica regulable, paredes y superficies táctiles como pieles o telas suaves que proporcionan confort, cojines y cobijas con peso que ejercen presión sobre el cuerpo simulando un abrazo, con efectos calmantes y de reducción de la ansiedad, tubos con burbujas y proyectores con imágenes relajantes que crean efectos hipnotizantes, sonidos y música suave, como sonidos de la naturaleza (ApexABA, 2025, párr. 7), y sonidos binaurales que reducen el estrés, así como hamacas y columpios sensoriales.

A este respecto, vale la pena mencionar que los sonidos binaurales surgen al escuchar tonos de diferente frecuencia en cada oído, creando la ilusión de un tercer tono, éste puede influir en las ondas cerebrales y asociarse con estados como relajación, concentración o sueño, se cree que ayudan a reducir el estrés y mejorar el sueño, el estado de ánimo y la concentración; aunque la evidencia científica aún es limitada, son seguros, accesibles y utilizados como apoyo en meditación y bienestar (Chaieb *et al.*, 2015).

En el ámbito del arte electrónico, la obra *Mind Scape* (2016-2022), de Claudia Robles Ángel, en su versión performática, resulta importante para el caso que nos ocupa. Tuve la fortuna, a petición expresa de la artista, de asistirle en su preparación para el performance que presentó sobre la obra en Gwangju, Corea del Sur, durante el International Symposium on Electronic Art 2019. Durante el performance, la artista interactuó con una estructura de luz electroluminiscente, cables y sonido, así como una interfaz que mide sus ondas cerebrales, las cuales, a su vez, controlan la luz y el ambiente mediante sonido octofónico. La obra es una metáfora de la era digital; como la mayoría de las personas en la actualidad, la artista aparece aislada y conectada a una computadora, así como con su cuerpo rodeado por cables que establecen una distancia entre este y el ambiente, simbolizando el deseo de convertirse en cibernético (Robles-Ángel, 2022, párr.2). La lectura de sus estados emocionales de tranquilidad o exaltación es detectada por las terminales conectadas a su cabeza, las cuales determinan el movimiento y la transformación del ambiente audiovisual; fue al asistir a la artista en este performance cuando me percaté del potencial terapéutico del arte electrónico.

Las bases tecnológicas y conceptuales de esta

obra son factibles de dirigirse a personas TEA-I, con la finalidad de crear entornos para el autoconocimiento sobre las propias emociones y su regulación, lo que resulta necesario debido a las fallas en el sistema interoceptivo en el TEA. Cabe señalar que dicho sistema integra las sensaciones que provienen del interior del cuerpo, recopilando información de varios sistemas corporales, tales como el intestinal, visceromotor, cardiovascular, respiratorio, genitourinario, termorregulador, quimiosensorial y autónomo. La regulación de estos procesos interoceptivos constituye una ventaja evolutiva para favorecer el equilibrio emocional (Kano y Fukudo, 2010). Por otra parte, si bien cada caso es distinto –de ahí que se le denomine “espectro” autista–, el registro de fallas en la interocepción ha sido frecuentemente citado en la literatura casos donde no se percibe la sensación de dolor, de saciedad al comer, el calor o el frío, el cansancio, entre otros.

La participación y la inducción emocional en el arte electrónico

El uso de tecnología en el arte trajo consigo nuevas posibilidades de vincularse con las obras. En estas, el público deja de ser un espectador para convertirse en participante, llegando incluso a completar o determinar la versión final de una obra. Como señalan Fakhrhosseini y Jeon, la experiencia de cambios fisiológicos conduce a sensaciones emocionales, y es razonable considerar que el público puede utilizar movimientos corporales para evocar emociones (2017, p. 245). Debido a la gran variedad de recursos tecnológicos, existen múltiples formas o niveles de participación en las obras de arte electrónico, a saber: usar dispositivos específicos como lentes de realidad virtual, tabletas, joysticks, teclados, micrófonos, aplicaciones y teléfonos celulares, entre otros; realizar movimientos corporales, gestos faciales o acciones específicas; hablar de cierta manera o a través de dispositivos especiales; clicar un teclado; usar vestimentas especiales; interactuar en redes sociales; interactuar con otro ser vivo e, incluso, hacer una composición sonora.

Lo interesante de la búsqueda de obras de AE, su interacción y la inducción de emociones reside, en parte, en el contraste con el papel del usuario en las obras de arte tradicional: principalmente como observador, donde la interacción con la obra se da como un proceso mental interno. Por el contrario, en obras tradicionales –a saber, pintura, grabado, escultura–, las emo-

ciones se producen en el plano de la observación de las obras, por lo regular en silencio, con excepción de la observación en pareja o en grupo, donde se llegan a compartir impresiones. En el AE se anticipa una mejor conexión y adhesión entre la obra artística electrónica y el espectador debido a la interacción.

De acuerdo con los investigadores Fakhrhosseini y Jeon, existen diversas maneras de inducir emociones: a través de la imaginación, el cine, el sonido, la música, las imágenes, la lectura y escritura de pasajes, el embodiment (o corporización), la realidad virtual, la retroalimentación, las afirmaciones autorreferenciales, la interacción social, la estimulación física, la asignación de tareas de rendimiento motivado y técnicas combinadas (Fakhrhosseini y Jeon, 2017, pp. 235-253). A continuación, se desarrollarán algunas ideas sobre métodos de inducción emocional, así como algunas estrategias enfocadas en el ámbito del arte electrónico, junto con algunos ejemplos, teniendo en cuenta que en una obra de AE pueden confluir varias estrategias de inducción.

A. Emoción formal. De acuerdo con el investigador Jonathan Frome, existen las emociones artefactuales, que aquí llamaremos formales, generadas por la respuesta personal a la obra como objeto artístico elaborado. Las emociones formales están relacionadas con cómo la obra representa su contenido; son emociones de valoración artística y estética. Frome afirma que tendemos a pensar en estas emociones como juicios o preferencias artísticas que no poseen la misma intensidad que otras emociones; empero, siguen siendo emociones, es decir, evaluaciones estéticas que pueden causar frustración, diversión o sorpresa, entre otras, del mismo modo que lo hace una narrativa (Frome, 2007, p.833). Ejemplos de esto son la combinación de colores, texturas, formas o imágenes en una obra que provocan emociones, frente a temas como las verdades históricas, la expresión social o el racismo, que generan emociones como desesperanza, ira, tristeza o preocupación; los artistas electrónicos mexicanos desean invitar a la reflexión sobre estos temas (Villagómez-Oviedo, 2026).

Obras como *Las Castas* (2010), cuyo nombre completo es *Étude taxonomique-comparative entre les castes de la Nouvelle Espagne et celles du Mexique Contemporain*, de Erick Meyenberg, que trata sobre una inversión millonaria del gobierno para descubrir la cadena de ADN de los mexicanos, son muestra de emoción formal. Desde el punto de vista del artista, la acción gu-

bernamental refuerza las diferencias existentes por el color de piel y el nivel cultural, social o económico. En la exhibición de la obra, el artista detectó que la primera impresión del espectador es de asombro al ver los colores brillantes y la luz de los aros flotando; sin embargo, eso no es lo que él buscaba comunicar. Por el contrario, la reflexión antirracista es la esencia de *Las Castas*, la cual pocos espectadores descubrieron porque no leyeron el cedulario que acompañaba la obra (Villagómez-Oviedo, 2014).

Asimismo, la emoción formal puede dirigirse a un público neurodivergente para establecer una conexión inicial con la obra, que posteriormente lleve a una interacción con esta e incluso con otros participantes. Debido a los problemas en la comunicación social a los que una persona autista se enfrenta, la posibilidad de facilitar dichas interacciones sería muy positiva para la mejora en la calidad de vida de una persona dentro del espectro.

B. Emociones inmersivas. Por otra parte, se encuentran lo que Frome llama emociones ecológicas, que aquí denominaremos emociones inmersivas, debido a que son aquellas donde se establece una profunda conexión entre el participante y el entorno representado, en las que las barreras entre la ficción y la realidad se difuminan. Para Frome, estas emociones son generadas cuando un participante responde a un estímulo; aunque el autor enfoca su investigación en videojuegos, también aplica a las expresiones del arte electrónico, especialmente en instalaciones interactivas y net.art. Al respecto, Frome afirma que: "...mientras que una emoción artefactual [formal] responde a un videojuego a nivel de representación, una emoción ecológica [inmersiva] responde a lo que el videojuego representa, y lo hace como si fuera real" (Frome, 2007, p. 833).

Ejemplo de emoción inmersiva en AE es *Kauyumari, El Venado Azul* (2016), del artista Arnold Abadie, quien realizó una animación y posteriormente creó una versión en realidad virtual. La obra presenta animales sagrados de Wirikuta, territorio donde los huicholes peregrinan anualmente. En el cortometraje, los animales están adornados con chaquiras al estilo wixárika y se enfoca en *Kauyumari*, el venado azul, deidad y guía espiritual entre el mundo humano y el espiritual. Según la tradición, *Kauyumari* conduce a su pueblo en un viaje por el desierto para comprender los misterios de la existencia. En el filme, este venado realiza dicha travesía y, como parte del rito, es sacrificado para transfor-

marse en peyote, planta sagrada que permite la conexión con los ancestros y reafirma el papel de los wixárikas como guardianes del planeta (EcoFilm, 2014, párr. 1).

La emoción al observar los animales desplazándose o volando es de libertad y alegría, así como preocupación medioambiental, pudiera parecer que una emoción inmersiva es igual a una emoción inducida mediante realidad virtual; no obstante no es así, la emoción inmersiva es más amplia y puede abarcar instalaciones interactivas, game art, cuevas inmersivas, entre otros.

Aunado a lo anterior, para Fakhrhosseini y Jeon (2017), "... se ha demostrado que un ordenador puede replicar un entorno real o imaginado que permite al usuario interactuar con él. Con la realidad virtual, los participantes pueden experimentar artificialmente situaciones, tal como si interactuaran con personas, objetos, escenas y eventos del mundo real" (p. 246). La realidad virtual abre la posibilidad para que artistas y científicos recreen entornos reales o imaginados, creando un nuevo mundo: el virtual, que puede sentirse tan vívido como lo imaginado.

Un ejemplo de obra artística con realidad virtual es G-360°VR (2017-2018), de Adrián Regnier Chávez. De acuerdo con el artista, su obra G, "...ilustra un torrente fantasmagórico de palabras, imágenes y ciclos sin fin -las mareas del cambio-, sus consecuencias [...] muestra cómo todas las cosas finalmente acatan la más básica de las leyes naturales: el principio de los rendimientos decrecientes..." (Regnier, 2018, párr. 2). La obra empatiza con el gusto pictórico del artista por la abstracción y lo traslada al ámbito de la realidad virtual y al recurso interactivo de la navegación por parte del participante dentro de la animación, recorriendo la pantalla en 360°, lo que le da dinamismo y la posibilidad de visualizar distintas fracciones de la animación de acuerdo con el deseo de cada participante; la obra suscita emociones como interés, alegría, miedo y sorpresa.

Las obras anteriores, al hacer uso de la realidad virtual o utilizar la luz, el sonido y las imágenes en la creación de entornos que subsumen al público en realidades inmersivas, proponen realidades alternas, factibles de ser utilizadas cuando las experiencias cotidianas son abrumadoras o rebasan el perfil sensorial de una persona neurodivergente. Ambas realidades, la física y la virtual, son capaces de brindar espacios que el cerebro experimenta sin hacer mayor diferencia entre una y otra, lo que evidencia la trascendencia de este recurso emocional para ser imple-

mentado en públicos autistas dentro del modelo de inducción emocional que aquí se propone.

A este respecto viene a colación la investigación del artista y teórico británico Roy Ascott, cuyo trabajo se enfoca en el impacto de los entornos digitales y las redes de comunicación sobre la conciencia, lo que en este caso abona a la comprensión de las emociones inmersivas, donde se deambula entre mundos reales y virtuales. Ascott, en su búsqueda por estudiar estos aspectos emergentes de su entorno, se planteó la posibilidad de una doble conciencia y su relación con el arte, en la que la doble conciencia es un estado del ser que ofrece acceso simultáneamente a dos campos de experiencia distintos (Ascott, 2003, p. 358). "Estamos entrando a un mundo donde no será una sino dos realidades: la actual y la virtual. No hay simulación, sino sustitución" (Rush, 2005, p. 181).

C. Recuerdos autobiográficos. Los autores Fakhrhosseini y Jeon (2017) consideran que el recuerdo autobiográfico es una de las herramientas más poderosas para provocar emociones. Por ejemplo, evocar emociones en grupo fomenta la reflexión y la toma de conciencia; en consecuencia, emergen eventos pasados en la mente que, al hacerlo, pueden generar un proceso de sanación en algunos individuos; grupos como Alcohólicos Anónimos utilizan este principio terapéutico.

La obra del artista electrónico Rafael Lozano-Hemmer hace uso de esta herramienta, en su obra Voz Alta (2008), memorial del 40 aniversario, los habitantes de la Plaza de las Tres Culturas, en Tlatelolco, Ciudad de México, evocan la masacre estudiantil del 2 de octubre de 1968 acaecida en ese sitio. El resultado es una obra artística íntima y conmovedora, construida a partir de las narraciones y recuerdos de los vecinos, compartidos mediante megáfonos y Radio UNAM. Las voces también encontraron eco en rayos de luz proyectados al cielo por robots de largo alcance que esa noche rompieron con la cotidianeidad de la ciudad (Lozano-Hemmer, 2008). Emociones como la tristeza, el enojo y desesperanza emergieron tanto en participantes como en el público que escuchó atentamente.

Ineludible en esta categoría es Memoria Esférica (2019), de Leslie García, una instalación artística que libera olores y esferas comestibles provenientes de tierra húmeda. La pieza sintetiza el olor de la tierra seca después de una lluvia o petricor; una bioprinter crea esferas comestibles a partir de este fenómeno producido por aceites vegetales liberados en el suelo. La artista dice que

estas esferas se derriten en la boca, liberando el aroma que viaja desde la faringe hasta el bulbo olfativo, donde las conexiones cerebrales se vinculan fuertemente con emociones y memoria. El proyecto cuenta con una colección de más de mil testimonios de personas que compartieron sus recuerdos a partir de la experiencia. El éxito de la obra fue tal que el público hizo una larga fila, que llegaba hasta la calle fuera de la galería, para poder probar las esferas, las cuales, según dijeron, indujeron recuerdos autobiográficos (García, 2014, párr. 3).

Las obras mencionadas en esta categoría contribuyen al recuerdo de eventos pasados guardados en la memoria. Una persona dentro del espectro puede presentar “ceguera emocional”, lo que significa que no es capaz, o presenta dificultades, para interpretar las emociones de otros; empero, posee emociones que expresa en momentos no pertinentes o de forma desregulada, ya sea intensa o tenuemente. Por ello, la experimentación con los recuerdos autobiográficos en obras de AE resultaría muy enriquecedora para la comprensión de la expresión emocional en individuos con TEA.

D. Imágenes. Históricamente, el arte se ha realizado principalmente con imágenes. Para Fakhrhosseini y Jeon (2017), en la vida cotidiana las personas buscan imágenes evocadoras en revistas, internet y redes sociales. Aunque las imágenes son estímulos visuales unimodales, pueden expresar y evocar emociones (p. 242). Los autores mencionan que hay investigadores que utilizan imágenes para inducir emociones; una de las herramientas más utilizadas es el International Affective Picture System, que contiene más de mil imágenes sistematizadas.

En el AE, los artistas usan imágenes, frecuentemente con movimiento, interacción o proyección en espacios específicos. La obra *Nivel de Confianza* (2015), de Rafael Lozano-Hemmer, utiliza tecnología de reconocimiento facial para conmemorar a los 43 estudiantes desaparecidos de Ayotzinapa, México, en 2014. Empleando sus fotografías escolares, el sistema compara los rostros de los visitantes con los de los estudiantes y muestra un porcentaje de similitud; nunca hay una coincidencia total. La obra denuncia la impunidad del crimen, invierte el uso de algoritmos biométricos —habitualmente usados para identificar sospechosos— y los dirige hacia la búsqueda simbólica de víctimas, superponiendo sus rostros a los del público como un acto de memoria y resistencia (Lozano-Hemmer, 2015, párr. 2-3); las emociones que provoca son desesperanza, tristeza, ira y resentimiento.

Cabe señalar que una imagen puede pronunciarse sobre diversas posturas en torno a temas

tales como la neurodiversidad; hacer uso de este recurso puede ser valioso en temas como la discriminación hacia personas neurodivergentes, no solo como recurso para la interacción.

E. Imagen en movimiento. Los audiovisuales y el cine hacen uso de la imagen y el sonido; a través de estos recursos, el público vive situaciones emocionales reales; es una de las técnicas de inducción emocional más efectivas al momento de representar contextos realistas (Fakhrhosseini y Jeon, 2017, p. 236). Para Frome, el cine, la literatura y todo arte narrativo pueden generar emociones narrativas, que son las emociones más comunes que sentimos al relacionarnos con una obra (Frome, 2007, p. 832).

El AE va más allá de la narrativa, obras pioneras como el CD-ROM *Fotografío* para recordar (1990), de Pedro Meyer, exploraron este tipo de estructura, que hace uso de los principios del lenguaje cinematográfico. La pieza relata la vida y muerte de los padres del artista; puse el video de la obra a estudiantes de la Maestría en Diseño e Interacción en la Universidad de Manizales, en un seminario que impartí en 2023 y, al término del mismo, seis de los siete estudiantes lloraban conmovidos por lo que acababan de ver y escuchar.

De manera general, un concepto que envuelve o incorpora todas las estrategias de inducción anteriores es la corporización. Según Fakhrhosseini y Jeon (2017), la corporización está relacionada con la teoría de William James, quien sugirió que la experiencia de cambios fisiológicos conduce a sentimientos emocionales (p. 245). En muchas obras de AE, los participantes experimentan una obra a través de su propio cuerpo, mediante movimientos, cambios posturales, equilibrio, gesticulación, habla o respiración, que pueden influir en cómo se percibe la misma. Una instalación inmersiva involucra sonidos, luces y el cuerpo, incentivando a reaccionar físicamente y generando una experiencia sensorial profunda, donde el cuerpo puede ser parte integral de la obra o determinar el final de esta. Por ejemplo, en instalaciones tecnológicas donde sensores responden al movimiento corporal, el espectador se convierte en cocreador de la experiencia artística.

Modelo de inducción emocional para la neurodivergencia

La Tabla 1 resume las obras de arte electrónico, el método de inducción emocional, así como algunos de los elementos que inducen emociones. La deducción de estas emociones se realizó por medio del conocimiento personal de las obras en espacios de exhibición, videos de su puesta en marcha, entrevistas con los artistas (Villagómez-Oviedo, 2011-2014), así como mediante la consulta de textos y material audiovisual que las describen.

Tabla 1.
Inducción de emociones en el arte electrónico

Obra de arte electrónico	Método de inducción emocional	Tipo de interacción	Emoción
"1. Mind Scape 2016-2022 Claudia Robles Ángel	Emoción formal o de apreciación artística	"Brain Computer Interfase que lee la actividad cerebral	"Exaltación y tranquilidad
2. Las Castas 2011-2013 Erick Meyenberg"		Observación y lectura de fichas museográficas"	Apreciación estética y sorpresa después de leer las fichas"
"3. Kauyumari, el venado azul 2016 Arnold Abadie	Emoción inmersiva	"Uso de lentes de realidad virtual	"Preocupación medioambiental
4. G.-360°VR 2017-2018 Adriám Regnier Chávez"		Uso de lentes de realidad virtual. Se clica en 4 flechas con distintas direcciones para la visión en 360°"	Interés, alegría, miedo, sorpresa"
"5. Voz Alta 2008 Rafael Lozano-Hemmer	Recuerdos autobiográficos	"Hablar, narrar en un altavoz	"Tristeza, enojo y desesperanza
6. Memoria Esférica 2014 Leslie García"		Comer"	Alegría, tristeza, curiosidad, nostalgia"
"7. Nivel de confianza 2015 Rafael Lozano-Hemmer"	Imágenes	Realización de movimientos corporales y acciones específicas	Desesperanza, tristeza, ira, resentimiento.
"8. Fotografía para recordar 1990 Pedro Meyer"	Imagen en movimiento / recuerdos autobiográficos	Clicar en un CD ROM	Tristeza profunda, desesperanza

Además de lo anterior, hay obras de AE donde existe una fuente de reconocimiento de la emoción, lo que aporta más información relacionada con la obtención de datos que, invariablemente, contribuirán al desarrollo de nuevas líneas de investigación en torno al AE, las emociones y la neurodivergencia.

Obras como Fail Engine (2019-2021), de Raphael Arar, desarrollo de net.art e instalación audiovisual, investigan la posibilidad de enseñar a una inteligencia artificial a experimentar el sentimiento complejo de schadenfreude (o el placer

por la desgracia ajena; del alemán schaden = daño o perjuicio y freude = alegría o placer). Es a través del análisis de expresiones faciales en tiempo real, mientras los participantes observan videos cómicos de errores humanos, que el sistema recolecta datos emocionales para entrenarse en reconocer momentos de humor incómodo. La obra, que fusiona arte, tecnología y psicología, cuestiona si una máquina puede aprender emociones humanas complejas y alerta sobre los posibles usos y abusos de estas tecnologías en un contexto donde aún no se comprende del todo

la psique humana. Al respecto: “Frente a la precisión matemática de los sistemas de detección emocional y análisis de sentimientos, surgen nuevas preguntas: ¿puede enseñarse la schadenfreude a una máquina? ¿Hay situaciones en las que su comprensión podría aportar valor? ¿O su entendimiento será mal utilizado con fines maliciosos?” (Arar, 2021, párr. 2).

También está Facial Action Coding System (2018), de Coralie Vogelaar, hace uso del software llamado Facereader, de Noldus, de reconocimiento emocional, el cual analiza las expresiones faciales dividiéndolas en unidades de acción (UA), basadas en la actividad de 44 músculos, y clasifica estas emociones según el sistema desarrollado por el psicólogo Paul Ekman. La artista, junto con la actriz Marina Miller Dessau, exploró esta relación cuerpo-tecnología mediante el entrenamiento de los músculos faciales para representar cualquier emoción, mostrando así la complejidad expresiva humana y cómo puede ser interpretada por algoritmos.

Para Vogelaar, es importante explorar profundamente la intersección entre la interacción humana y computacional, trabajando con algoritmos en su aspecto más irracional. Su objetivo no es resolver un problema concreto, sino generar nuevos. Según afirma: “Quiero trabajar con algoritmos que crucen las fronteras que ya existen en lugar de reforzarlas, algoritmos que compliquen el mundo en lugar de simplificarlo. Cada algoritmo tiene su propia lógica interna, pero en el mundo real nunca es racional ni objetivo, y no deberíamos intentar que lo sea” (Merian, 2020, p. 170).

Por otra parte, recapitulando algunos aspectos a considerar que hacen factible la inducción de emociones en una obra de AE, se encuentran la técnica del biofeedback y la detección de estímulos enfocados en la inducción de una emoción. Las formas en que el biofeedback puede ponderar una respuesta emocional de una persona que se encuentre interactuando con una obra interactiva son a través de sensores que captan señales fisiológicas asociadas a estados emocionales, donde tecnologías como sensores cardíacos, electroencefalográficos (EEG) o de conductancia dérmica se ponen en marcha para traducir las respuestas del cuerpo en señales sonoras y visuales.

Ante la dificultad que presentan las personas TEA-I para expresar e identificar sus emociones, los dispositivos de biofeedback monitorean variables fisiológicas vinculadas con las emociones, incluso en personas con dificultades de comunicación. Ejemplos de ello son la frecuencia cardíaca y su variabilidad (HRV), relacionadas con

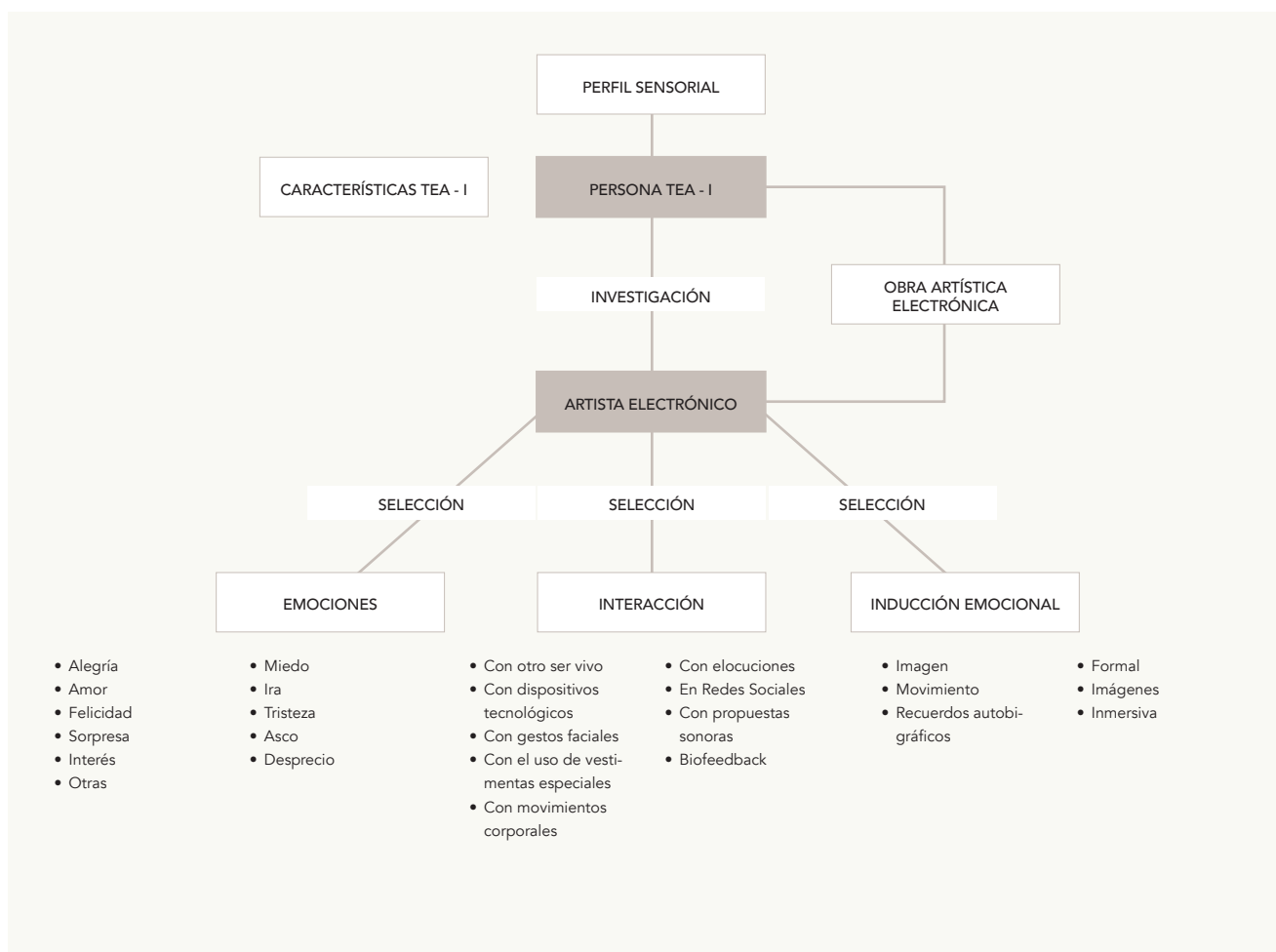
estados de estrés o calma, debido a que un aumento de la frecuencia cardíaca puede asociarse a un estado de ansiedad, mientras que una frecuencia estable puede relacionarse con un estado de relajación. La electroencefalografía (EEG) es otro recurso que capta las ondas cerebrales (alfa, beta, theta) para inferir estados como concentración, relajación o frustración, como en la obra *Mindscape*. La temperatura corporal expresa cambios en la temperatura periférica en manos u otras áreas, que pueden indicar estrés o relajación por vasoconstricción o vasodilatación (Carrobbles, 2016, párr. 5).

Cabe mencionar que la técnica del biofeedback de HRV se está probando con buenos resultados en adolescentes autistas como técnica para respirar de forma lenta y rítmica mientras observan el ritmo cardíaco en tiempo real, con el objetivo de aumentar el tono vagal y mejorar la autorregulación (Thoen *et al.*, 2024, párrs. 2-10). Por lo tanto, experimentar con hacer visibles estas señales en una obra de AE puede crear entornos terapéuticos en caso de sobrecarga sensorial, ansiedad o en espacios destinados a compensar los déficits interoceptivos, contribuyendo así a mejorar la calidad de vida de las personas dentro del espectro.

De modo que no hay un estímulo universal del que se pueda obtener una única respuesta; no obstante, en la presente investigación se infiere, de acuerdo con lo indagado, que las luces tenues, los sonidos rítmicos bajos y las texturas suaves, combinadas con retroalimentación biosensorial, pueden conducir a un estado de calma, mientras que los colores fuertes y vibrantes, la interactividad lúdica y las experiencias multisensoriales que vinculen memoria y participación activa conducirán a estados de exaltación y alegría.

En la propuesta del modelo de inducción emocional que aquí se plantea (Figura 1), existen ciertas consideraciones que deben tenerse en cuenta. Por ejemplo, no todas las personas autistas reaccionan igual ante determinados estímulos; hay quienes tienen un perfil sensorial de alta percepción frente a los colores, ciertas texturas, ruidos e incluso música, sabores, olores, etcétera, por lo que será crucial personalizar los umbrales de medición y las respuestas del sistema. Otro factor son las diferencias históricas y culturales que median la interpretación de las emociones, así como la integración ética que cada obra deberá considerar en el manejo de un formato de consentimiento informado para el uso de datos biométricos en comunidades neurodivergentes.

Figura 1.
Modelo de inducción de emociones en el arte electrónico para TEA-I



Parte de una línea de creación que surge de la presente investigación es el planteamiento inicial para el desarrollo del proyecto de net.art: Bubble Rooms-Lab. En el entendido de que cada individuo neurodivergente, específicamente dentro del espectro autista, habita un mundo distinto, determinado por sus intereses específicos, gustos personales y su perfil sensorial, se ha dado inicio a la creación de un sitio web con las bases de un videojuego, compuesto por habitáculos virtualmente habitables y modificables para que cada usuario TEA-I cree entornos virtuales sensorialmente calmantes a partir de la selección personalizada de sus preferencias para el diseño de cada espacio.

Finalmente, a través de la integración y desarrollo del proyecto, se explicitarán más claramente los límites del modelo de inducción emocional para la neurodivergencia aquí planteado; en posteriores líneas de investigación será posible su validación empírica, especialmente mediante la puesta en marcha e implementación del proyecto aquí mencionado.

Conclusiones

El arte electrónico (AE) posee un gran potencial para funcionar como un puente hacia la inclusión de personas autistas. Un modelo inicial busca inducir emociones a través del AE, a la vez que ofrece experiencias novedosas a individuos neurodivergentes mediante diversas estrategias de interacción, tales como la evocación autobiográfica, imágenes, corporización, realidad virtual, audiovisuales y narrativa. Este trabajo representa apenas el inicio de un diálogo necesario sobre la capacidad transformadora del arte con el uso de tecnología.

El enfoque en el contenido emocional constituye una propuesta innovadora dentro del AE, ya que integrar conocimientos de neurociencia y ciencias del comportamiento permite a los artistas planificar con mayor precisión las emociones que desean generar. En México, el desarrollo de métodos de inducción emocional en AE enfrenta desafíos ambientales, sociales, económicos y po-

líticos, lo que hace indispensable incluir múltiples voces y perspectivas. Surge así la pregunta: ¿cómo colaborar con comunidades neurodivergentes para crear obras que respeten y celebren sus experiencias únicas? Aunque las emociones dependen de factores históricos y culturales, existe un corpus significativo de investigaciones sobre psicología emocional y comportamiento, y esta investigación busca vincular estos hallazgos con el AE.

Finalmente, es necesario profundizar en ambos campos —AE y neurodiversidad— para probar el modelo de inducción emocional en la

práctica, como se plantea con el proyecto Bubble Rooms-Lab, o mediante la creación de una base de datos que registre emociones específicas generadas por obras electrónicas. Esto permitiría generar un archivo documental con evidencia de campo que sirva de recurso para otros artistas interesados en la inclusión y la neurodivergencia, contribuyendo así a construir una sociedad más inclusiva y diversa, donde la coexistencia se base en las diferencias y no en la uniformidad de perspectivas y comportamientos.

Referencias

- ApexABA (2024, octubre 20). *Calming sensory room ideas for autism*. <https://www.apexaba.com/blog/calming-sensory-room-ideas-for-autism>
- Arar, R. (2021, s/f). *Fail Engine*. En *Artificial Intelligence + Ethics*. Rarar. <https://rarar.com/work/fail-engine/>
- Ascott, R. (2003). *Telematic Embrace. Visionary Theories of Art, Technology, and Consciousness*. University of California Press.
- Attwood, T. (2022). *Guía del Síndrome de Asperger (Guide to Asperger Syndrome)*. Paidós.
- Bisquerra, R. (2021). *Universo de emociones (Universe of Emotions)*. Palau Gea Comunicación.
- Carrolles Isabel, J.A. (2016). Bio/neurofeedback. *Revista Clínica y Salud*, 27(3), 123-135. <https://dx.doi.org/10.1016/j.clysa.2016.09.003>
- Chaieb, L., Wilpert, E.C., Reber, T.P., & Fell, J. (2015). Auditory beat stimulation and its effects on cognition and mood states. *Frontiers in Psychiatry*, 6(70), 1-9. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2015.00070>
- Cleveland Clinic (2022). *Neurodivergente (Neurodivergent)*. https://my-clevelandclinic.org/translate-goog/health/symptoms/23154-neurodivergent?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge&_x_tr_hist=true
- Damasio, A. (2016). *En busca de Spinoza: Neurobiología de la emoción y los sentimientos (Looking for Spinoza: Joy, Sorrow, and the Feeling Brain)*. Ediciones Culturales Paidós.
- Ecofilm (2014). *Kauyumari el venado azul (Kauyumari, the Blue Deer)* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=q1Z515THsFc>
- Fakhrhosseini, S.M., & Jeon, M. (2017). Affect/emotion induction methods. En: M. Jeon (Ed.). *Emotions and affect in human factors and human-computer interaction* (pp. 235-253). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801851-4.00010-0>
- Frome, J. (2007). Eight ways videogames generate emotion. *Proceedings of Digital Games Research Association, DiGRA2007 Conference* (pp. 831-835). https://www.researchgate.net/publication/252984061_Eight_Ways_Videogames_Generate_Emotion
- García, L. (2014). *Portafolio (Portfolio)*. Lessnullvoid. <https://lessnullvoid.cc/content/portfolio/>
- Jackson, M. (Dir.). (2010). *Temple Grandin [Film]*. HBO Films.
- Kano, M., & Fukudo, S. (2025). Interacciones intestino-cerebro. En: *Enciclopedia del cerebro humano (Gut-Brain Interactions)*. In: *Encyclopedia of the Human Brain* (pp. 312-333). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820480-1.00036-X>
- Kaur, D. (2019, February 18). *Makchic Reviews: Malaysia's First Autism Friendly Mall*. Makchic. <https://www.makchic.com/makchic-reviews-malaysias-first-autism-friendly-mall/>
- LeDoux, J. (1999). *El cerebro emocional: Los misterios de la vida emocional desde la biología del cerebro (The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life)*. Editorial Ariel.
- Lorre, C., & Prady, B. (Creators). (2007-2019). *The Big Bang Theory [TV series]*. CBS. <https://www.imdb.com/title/tt0898266/>
- Lorre, C., & Molaro, S. (Creators). (2017-2024). *Young Sheldon [TV series]*. Chuck Lorre Productions; Warner Bros. Television; CBS. <https://www.cbs.com/shows/young-sheldon/>
- Lozano-Hemmer, R. (2008). *Voz Alta (Loud Voice)*. Atelier Lozano-Hemmer. https://www.lozano-hemmer.com/voz_alta.php
- Lozano-Hemmer, R. (2015). *Nivel de confianza (Level of Confidence)*. Atelier Lozano-Hemmer. https://www.lozano-hemmer.com/level_of_confidence.php
- Merian, C. (2020). *Real Feelings. Emotion and Technology*. CMV.
- Ortony, A., Clore, G. L., & Collins, A. (1988). *The cognitive structure of emotions*. Cambridge University Press.
- Picard, R.W. (2000). *Affective computing (First MIT Press paperback edition)*. The MIT Press.
- Price, D. (2022). *El autismo sin máscara. Los nuevos rostros de la neurodiversidad (Unmasking Autism: Discovering the New Faces of Neurodiversity)*. Editorial Sirio.
- Regnier, A. (2018). *G.360°VR*. <https://adrianregnier.me/g-g-360-vr-2>

- Robles-Angel, C. (2022). *Mind Scape*. <https://clauderobles.de/mindscape>
- Rush, M. (2005). *New media in art*. Thames and Hudson.
- Smith, T. (2012). *¿Qué es el arte contemporáneo? (What Is Contemporary Art?)*. Siglo Veintiuno Editores.
- Talentum (2025). La “Doble Excepcionalidad”: Altas capacidades y dificultades del Aprendizaje (DA), Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH), y/o Trastorno del Espectro Autista (TEA) [“Twice Exceptionality”: Giftedness and Learning Disabilities (LD), Attention-Deficit/ Hyperactivity Disorder (ADHD), and/or Autism Spectrum Disorder (ASD)]. <https://www.programatalentum.es/la-doble-excepcionalidad-altas-capacidades-y-dificultades-del-aprendizaje-da-trastorno-por-deficit-de-atencion-con-hiperactividad-tdah-y-o-trastorno-del-espectro-autista-tea/#:~:text=AACCI%20+%20TEA&text=Estos%20se%20caracterizan%20por%20una,-cual%20entorpece%20las%20relaciones%20sociales>
- The Herald Scotland (2018). *St Enoch Centre launches quiet room for autistic people*. St Enoch Centre launches quiet room for autistic people. The Herald.
- Thoen, A., Alaerts, K., Prinsen, J., Steyaert, J., & Van Damme, T. (2024). The Physiological and Clinical-Behavioral Effects of Heart Rate Variability Biofeedback in Adolescents with Autism: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 49, 419–438. <https://doi.org/10.1007/s10484-024-09638-1>
- Villagómez-Oviedo, C.P. (2014). Cynvilov [Canal de Youtube]. *Entrevista a Erick Meyenberg (Interview with Erick Meyenberg)*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=sW0UezCvPsQ&t=1s>
- Villagómez-Oviedo, C.P. (2017). *Análisis de procesos de producción artística digital en México: artistas digitales mexicanos y su obra*. La Librería Universidad Politécnica de Valencia.
- Villagómez-Oviedo, C.P. (2026). Arte electrónico para la neurodivergencia: aproximación a un modelo de inducción emocional (Electronic Art for Neurodivergence: An Approach to a Model of Emotional Induction). *Arte, Individuo y Sociedad*, 38(1), 55-69. <https://doi.org/10.5209/aris.102558>

Hacia una extracción más humanizada: nura, un extractor de leche materna inteligente diseñado a partir de conocimientos psicológicos y fisiológicos

Gabriela Durán-Aguilar¹; Fernando Dávalos Hernández²;
Alberto Rossa-Sierra³

Resumen

La leche materna es el alimento más nutritivo en comparación con la fórmula y contribuye al desarrollo del sistema inmunológico del recién nacido al proporcionar anticuerpos y otros factores inmunitarios. Por esta razón, existe una creciente comunidad que apoya y promueve la lactancia materna como una forma más saludable y humanizada de alimentación. Aunque el método recomendado es la lactancia directa, existen casos en los que es necesario extraer la leche materna mediante extractores manuales o eléctricos. Este trabajo se centra en el diseño y desarrollo de un extractor eléctrico de leche materna bioinspirado y mejorado, capaz de estimular la producción de leche, cómodo de usar y fácil de operar. Para imitar los movimientos iniciales de un recién nacido y proporcionar un masaje en el seno, se incorporan elementos vibratorios y de calentamiento en el diseño. Además, la forma única propuesta para la brida permite integrarla en el sujetador de manera cómoda y discreta. Su facilidad de uso se basa en el perfil de la madre, adquirido mediante la aplicación propuesta. El diseño planteado se valida a través de un prototipo impreso en 3D y una tarjeta de circuito impreso personalizada.

Palabras clave: extractor de leche, comodidad, dispositivo electrónico, factores humanos, dispositivo médico.

Cómo citar: Durán-Aguilar, G., Dávalos, F., Rossa-Sierra, A. (2026). Hacia una extracción más humanizada: nura, un extractor de leche materna inteligente diseñado a partir de conocimientos psicológicos y fisiológicos. En Altamira, J., Calles, M. (Coord.). *Salud y Género: retos y aportes desde la investigación*. High Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/saludygenero5>

1. <https://orcid.org/0000-0001-9009-6664>, gaduran@up.edu.mx | Universidad Panamericana. Facultad de Ingeniería. Jose María Escrivá de Balaguer 101, Villa Bonaterra, Aguascalientes, 20296, México.
2. <https://orcid.org/0000-0003-1785-9770>, fdavalos@up.edu.mx | Universidad Panamericana. Facultad de Ingeniería. Jose María Escrivá de Balaguer 101, Villas Bonaterra, Aguascalientes, 20296, México.
3. <https://orcid.org/0000-0003-2535-4756>, lurosa@up.edu.mx | Universidad Panamericana. Facultad de Ingeniería. Álvaro del Portillo 49, Zapopan, Jalisco, 45010, México.

Toward a More Humanized Extraction Process: Nura, an Intelligent Breast Pump Designed from Psychological and Physiological Insights

Abstract

Breast milk is the most nutritious food compared to formula and contributes to the development of the newborn's immune system by providing antibodies and other immune factors. For this reason, there is a growing community that supports and promotes breastfeeding as a healthier and more humanized form of feeding. Although direct breastfeeding is the recommended method, there are cases in which it is necessary to express breast milk using manual or electric breast pumps. This work focuses on the design and development of an improved bioinspired electric breast pump capable of stimulating milk production while being comfortable to use and easy to operate. To imitate the initial movements of a newborn and provide breast massage, vibratory and heating elements are incorporated into the design. In addition, the unique proposed shape of the flange allows it to be integrated into the bra in a comfortable and discreet manner. Its ease of use is based on the mother's profile acquired through the proposed application. The proposed design is validated through a 3D-printed prototype and a custom printed circuit board.

Keywords: breast pump, comfort, electronic device, human factors, medical device.

Introducción

La lactancia materna representa no solo la forma más adecuada de nutrición para el recién nacido, sino también una experiencia psicológica profundamente significativa tanto para la madre como para el lactante. Diversos estudios han demostrado que este acto biológico fomenta el establecimiento temprano del vínculo afectivo, favorece el desarrollo emocional saludable en los lactantes y fortalece el bienestar y empoderamiento materno (Kou-Guzmán & Vallejo-López, 2024; Chavarría Vázquez *et al.*, 2025).

Durante la lactancia, la liberación materna de hormonas como la oxitocina y la prolactina promueve respuestas neuroendocrinas asociadas con el apego, la calma y la reducción del estrés. Estos efectos fortalecen el vínculo madre-hijo y pueden contribuir a la prevención de trastornos afectivos, como la depresión posparto (Rosenbaum, 2022). Además, se ha demostrado que los lactantes amamantados presentan mayor estabilidad emocional, mejor regulación del estrés y una base más sólida para el establecimiento de un apego seguro (Elad *et al.*, 2014).

Sin embargo, diversos factores sociales y estructurales dificultan la práctica sostenida de la lactancia, particularmente en contextos mar-

cados por estigmas culturales, ausencia de políticas de apoyo a la maternidad y condiciones laborales desfavorables (Crossland *et al.*, 2016). En México, por ejemplo, las mujeres enfrentan barreras relacionadas con la edad, el empleo, el acceso limitado a información y la escasa implementación de espacios amigables con la lactancia. Estos desafíos afectan de manera negativa no solo la duración, sino también la experiencia emocional de la lactancia (Crossland *et al.*, 2016).

En respuesta a tales obstáculos, muchas madres recurren a tecnologías de extracción de leche materna, como extractores manuales y eléctricos. Los extractores manuales funcionan mediante una palanca o pistón que la usuaria activa manualmente para generar succión. Aunque efectivos, este método tiende a ser más lento y físicamente demandante (Eglash & Malloy, 2015). En contraste, los extractores eléctricos —tanto de uso personal como hospitalario— utilizan un motor que produce ciclos programables de succión y liberación, imitando parcialmente el patrón natural de succión del lactante (Mitoulas & Davanzo, 2022; Zhou *et al.*, 2020). Algunas versiones modernas permiten ajustar la fuerza y velocidad de la succión e incluyen funciones de memoria

o sensores para una experiencia personalizada. Los extractores eléctricos dobles pueden extraer leche de ambos senos simultáneamente, reduciendo el tiempo de extracción y mejorando la eficiencia (Arsyad *et al.*, 2020).

Aunque el uso de extractores permite continuar con la alimentación mediante leche materna en ausencia de lactancia directa, también introduce implicaciones psicológicas particulares. La literatura reporta que las madres que practican exclusivamente la extracción suelen experimentar sentimientos de duelo, aislamiento y falta de reconocimiento por parte de los profesionales de la salud (Rosenbaum, 2022; Mitoulas & Davanzo, 2022). Esto resalta la necesidad de validar formas alternativas de lactancia y ofrecer un apoyo emocional integral.

Desde la perspectiva del lactante, la lactancia natural implica una compleja interacción biomecánica entre la lengua, la mandíbula y el reflejo de eyección de la leche, que estimula tanto el sistema nervioso como el desarrollo sensoriomotor (Elad *et al.*, 2014). La evidencia actual indica que este patrón interactivo es difícil de replicar con los extractores existentes, lo que subraya la importancia de integrar los componentes psicofisiológicos de la lactancia en el diseño de tecnologías de apoyo de nueva generación.

Por lo tanto, comprender las dimensiones psicológicas de la lactancia es esencial para desarrollar estrategias interdisciplinarias que promuevan una experiencia positiva, inclusiva y sostenida —ya sea mediante lactancia directa o extracción exclusiva—.

A pesar del amplio reconocimiento de los beneficios fisiológicos, inmunológicos y emocionales de la lactancia, su práctica continúa enfrentando obstáculos significativos en los entornos contemporáneos. La lactancia directa es fuertemente respaldada por organismos internacionales como la OMS y UNICEF como el método ideal de nutrición infantil. No obstante, múltiples factores personales, sociales, laborales y estructurales limitan su implementación consistente en la vida cotidiana de muchas mujeres (Kou-Guzmán & Vallejo-López, 2024; World Health Organization, 2009). Estas barreras incluyen la falta de tiempo por reincorporación temprana al trabajo, ausencia de espacios adecuados para lactancia, dificultades de agarre, dolor y estigmas sociales en torno a la lactancia en público (Chavarría Vázquez, *et al.*, 2025).

Como resultado, un número creciente de madres depende de los extractores como alternativa para alimentar a sus hijos con leche

extraída. Aunque estas tecnologías han evolucionado y han permitido que muchas mujeres sostengan la lactancia en contextos adversos (Eglash & Malloy, 2015), su uso introduce nuevos desafíos físicos y psicológicos que aún no han sido suficientemente explorados en la literatura científica (Crossland *et al.*, 2016). En particular, las madres que practican la extracción exclusiva —alimentando a sus hijos únicamente con leche extraída y sin contacto directo con el seno— experimentan una forma de lactancia que difiere de la tradicional tanto en dinámica fisiológica como en impacto emocional.

Estas mujeres reportan con frecuencia sentimientos de culpa, frustración, aislamiento y falta de reconocimiento en sus entornos familiares y en los servicios de salud (Rosenbaum, 2022; Crossland *et al.*, 2016). Asimismo, el vínculo emocional entre madre e hijo, a menudo mediado por la cercanía física y la estimulación sensorial durante la lactancia, puede verse alterado en contextos de lactancia indirecta (Elad *et al.*, 2014).

Existe también un entendimiento interdisciplinario limitado sobre la eficacia psicológica de los diferentes tipos de extractores (manuales, eléctricos simples o dobles), su influencia en la percepción materna de éxito en la lactancia y su impacto en la calidad del vínculo madre-hijo. La mayoría de los estudios se han enfocado en el volumen de leche, la comodidad física o el desempeño técnico, dejando de lado sus efectos emocionales, subjetivos y relacionales (Elad *et al.*, 2014; Mitoulas & Davanzo, 2022).

Dado este panorama, surge una necesidad urgente de investigar cómo el uso de extractores influye en la experiencia psicológica de la lactancia, el desarrollo del apego y la identidad materna en diversos contextos socioculturales. Abordar esta problemática desde una perspectiva integradora no solo permitirá comprender mejor las necesidades maternas, sino también apoyar el desarrollo de estrategias de acompañamiento emocional, diseño centrado en el usuario y políticas públicas más inclusivas.

Metodología

La metodología Double Diamond, desarrollada en 2004 por el Design Council en el Reino Unido, estructura el proceso de diseño en fases divergentes y convergentes para facilitar la generación de ideas y soluciones innovadoras. Este modelo consta de cuatro etapas agrupadas en dos fases principales o “diamantes”: descubrir, definir,

desarrollar y entregar. Las dos primeras etapas conforman el primer diamante, promoviendo una exploración amplia del problema mediante el pensamiento divergente. En contraste, las dos últimas etapas forman el segundo diamante, centrado en la validación y entrega de soluciones, representando así un enfoque convergente.

En la fase de descubrimiento, el objetivo es comprender el problema desde la perspectiva del usuario, empleando métodos que capten sus experiencias, percepciones y necesidades. En la fase de definición, la información recopilada se organiza y sintetiza para enmarcar el problema, identificando patrones y oportunidades clave desde una visión holística. El segundo diamante incluye las fases de desarrollo y entrega, durante las cuales las soluciones se diseñan, iteran y validan a partir de los desafíos identificados, integrando activamente a los usuarios en el proceso de evaluación y perfeccionamiento (Design Council, 2004).

El modelo Double Diamond no solo proporciona una estructura metodológica eficaz, sino que también fomenta una cultura de trabajo colaborativa, centrada en el ser humano y orientada al cambio positivo. Por estas razones, esta metodología fue seleccionada para abordar el problema en estudio, ya que permite una exploración contextual profunda, promueve la empatía hacia el usuario y respalda el desarrollo de soluciones funcionales y usables. Mediante un proceso de diseño iterativo y validado, el objetivo no es únicamente satisfacer las demandas del mercado, sino también garantizar una experiencia significativa y atractiva para el usuario.

Proceso de diseño

a. Problema de diseño

El problema de diseño se definió considerando los siguientes aspectos: 1) los extractores de leche existentes suelen ser ineficientes en la extracción y generan gran incomodidad para la usuaria; 2) los intervalos de extracción inconsistentes a menudo resultan en una disminución de la producción de leche, y 3) existen barreras sociales e institucionales para el uso de extractores, incluyendo tiempos de descanso limitados, falta de espacios privados y estigmas en torno a su utilización.

b. Inspiración

El diseño de este proyecto se inspira en productos existentes tanto en el mercado de extractores de leche como en el de salud mamaria. Un análisis de varios extractores compactos, comple-

mentado con testimonios de usuarias, reveló que, a pesar de su portabilidad, muchos de ellos aún sobresalen de manera significativa del seno, limitando su discreción.

Con el fin de obtener una comprensión más profunda de la mecánica interna y de los principios de diseño de estos dispositivos, se adquirió y desensambló un extractor comercial (Meajax). Esta investigación práctica proporcionó información valiosa sobre los componentes funcionales del dispositivo y destacó áreas con potencial de mejora.

Adicionalmente, la investigación sobre salud mamaria subrayó la importancia de los masajeadores de lactancia con calor, los cuales contribuyen a despejar los conductos mamarios, mejorar el flujo de leche y aumentar la comodidad de la usuaria. Estos factores resultan críticos en el diseño de una solución de extracción más efectiva, humana y de apoyo

c. Diseño de extractor de leche

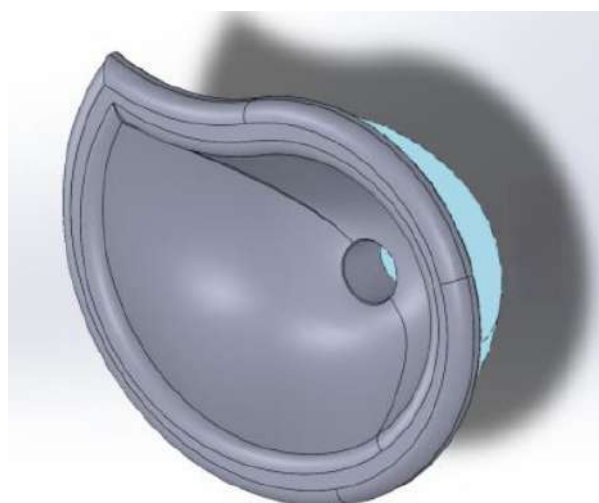


Figura 1.
Modelo CAD del diseño original de la brida

La Figura 1 ilustra el diseño de la Versión 1.0 de la brida, el componente del extractor de leche que se coloca sobre el pezón y la areola para crear un sello y facilitar la extracción de leche mediante succión. Se implementó una forma de gota de agua para lograr una apariencia más suave y orgánica, que se ajusta mejor al cuerpo. Las dimensiones generales de la brida —25 mm de profundidad y 35 mm de radio— se determinaron utilizando datos sobre medidas promedio de los senos (Flores-Soto *et al.*, 2022). La brida presenta un orificio central en la parte inferior, cuyo tamaño se definió en función del tamaño del pezón de la usuaria. Se añadió una copa ex-

terna (en azul) para ocultar la electrónica interna, al tiempo que se preserva una silueta natural del seno.

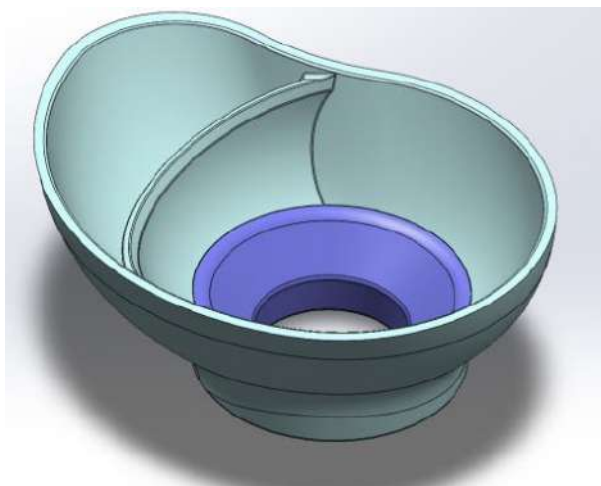


Figura 2.
Modelo CAD del diseño mejorado de la brida

La Figura 2 muestra la Versión 2.0 de la brida. Se implementó una brida específica para el pezón (en color púrpura) con el fin de adaptarse mejor a una variedad de tamaños de pezón, cuyas dimensiones se definieron a partir de datos estandarizados de extractores de leche existentes, lo que favorece la familiaridad y la facilidad de uso. También se introdujo un divisor dentro del compartimento mamario para ajustarse más estrechamente a la forma natural del seno, mejorando la fuerza de succión y el ajuste. Además, se eliminó la copa externa, ya que la estructura del sujetador circundante genera de manera natural una forma externa orgánica alrededor del extractor. Este cambio reduce el volumen total del dispositivo, ahorra espacio y mejora la discreción durante su uso.

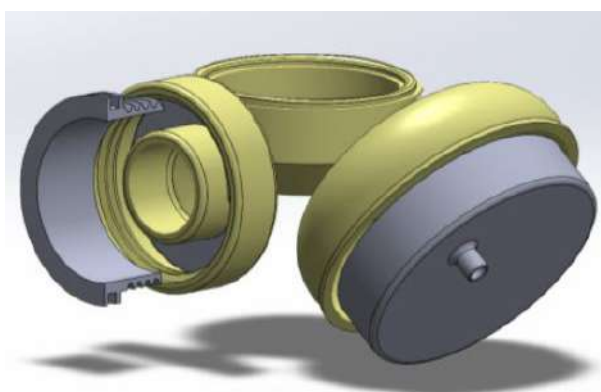


Figura 3.
Modelo CAD del adaptador de la bomba

La Figura 3 muestra el sistema de adaptadores que conecta la brida con el extractor de leche. Un adaptador de diafragma personalizado (a la de-

recha) se acopla al motor para generar el vacío necesario para la extracción de leche. Se incorpora un adaptador de válvula tipo "pico de pato" (a la izquierda) para acoplar una válvula de este tipo, garantizando un flujo unidireccional de la leche. Adicionalmente, se incluye un adaptador para bolsa (también a la izquierda), que permite conectar una bolsa recolectora de leche al extractor mediante un mecanismo de rosca.

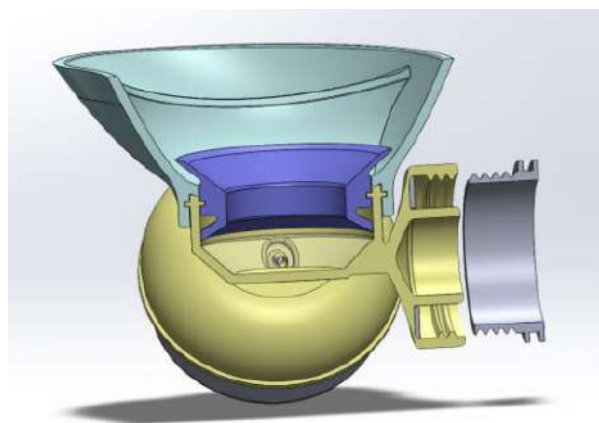


Figura 4.
Vista en sección del extractor de leche

La Figura 4 ilustra el ensamblaje de los componentes del extractor de leche. Se emplea un mecanismo de encaje a presión (snap-fit) para conectar las piezas de manera segura, permitiendo al mismo tiempo un fácil desmontaje que facilita la limpieza y el mantenimiento rutinario.

La Figura 5 ilustra el elemento de calefacción y masaje diseñado para mejorar la comodidad y la salud mamaria durante la extracción. Se implementaron curvas cóncavas en la forma para adaptarse mejor a distintas anatomías mamarias. En el interior del elemento calefactor se integró una carcasa sólida que protege la electrónica interna, mientras que la estructura circundante mantiene la flexibilidad necesaria para garantizar adaptabilidad anatómica.

El elemento es lateralmente simétrico, lo que permite su uso en cualquiera de los senos con igual comodidad y eficacia. Las resistencias calefactoras se distribuyen a lo largo del dispositivo para proporcionar una distribución uniforme del calor. Este elemento de calefacción y masaje funciona de manera independiente del extractor principal, lo que permite a las usuarias emplearlo como un dispositivo autónomo de salud mamaria. Cuando no se utiliza, el elemento puede retirarse fácilmente, reduciendo el volumen del conjunto y minimizando la incomodidad asociada con el uso de un dispositivo inactivo.

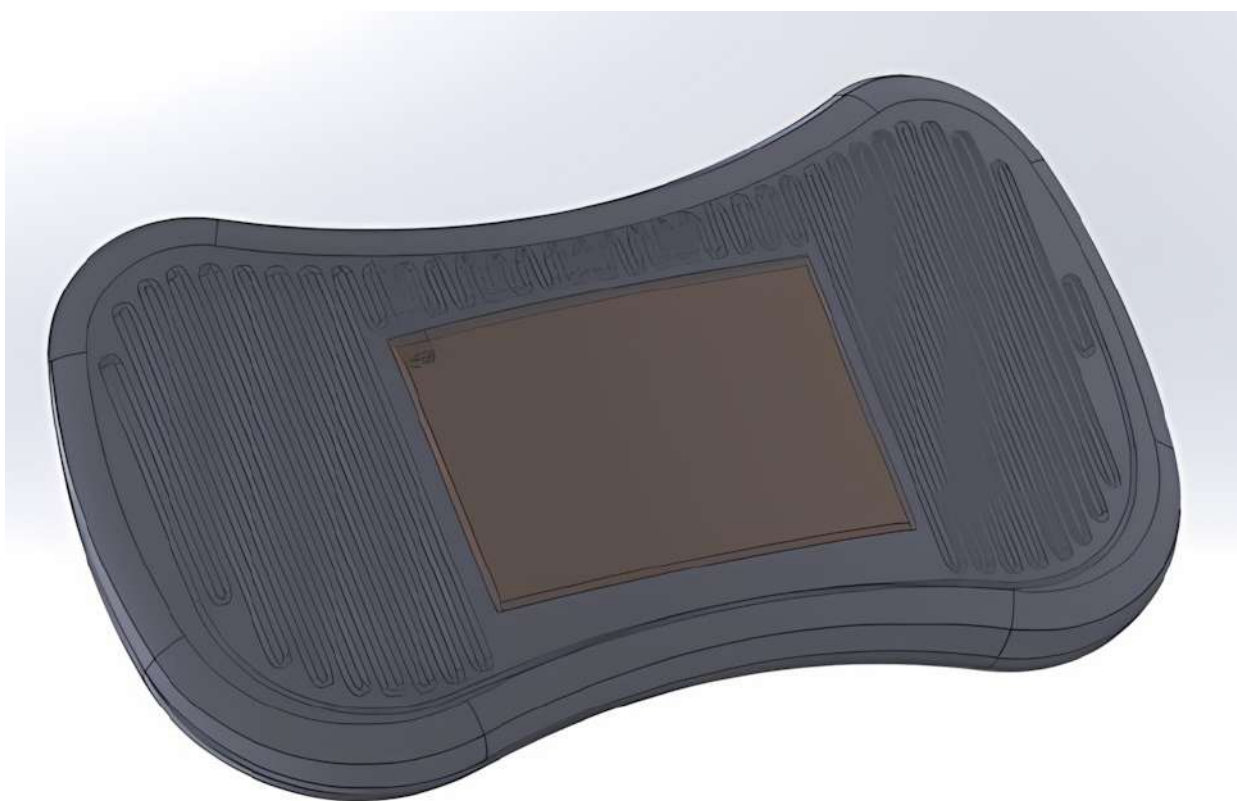


Figura 5.
Vista en sección del elemento calefactor

d. Diseño del sujetador

El sujetador tendrá un diseño similar al de un brasier deportivo, con una banda ancha y de soporte, así como tirantes gruesos que aseguran tanto los senos como los extractores en su lugar, garantizando al mismo tiempo la comodidad de la usuaria.

Constará de tres capas principales: una sección interna que entra en contacto directo con la usuaria para proporcionar confort y ajuste; una sección intermedia que alojará los componentes del extractor de leche; y una capa externa acolchada, diseñada para disimular la geometría del dispositivo, asegurando una apariencia lisa y discreta bajo la ropa.

La sección intermedia estará dividida en compartimentos más pequeños con el fin de mejorar la estabilidad, organizar los componentes y permitir una mayor personalización, de acuerdo con las necesidades de la usuaria o la configuración de los componentes.

Para adaptarse a una amplia gama de tipos de cuerpo y asegurar un ajuste adaptable, el sujetador incluirá cierres de corchete similares a los utilizados en los brasieres tradicionales, lo que permitirá a las usuarias modificar el tamaño de la banda. Asimismo, los tirantes incorporarán reguladores deslizantes que facilitan la personalización del ajuste y aumentan la comodidad durante su uso.

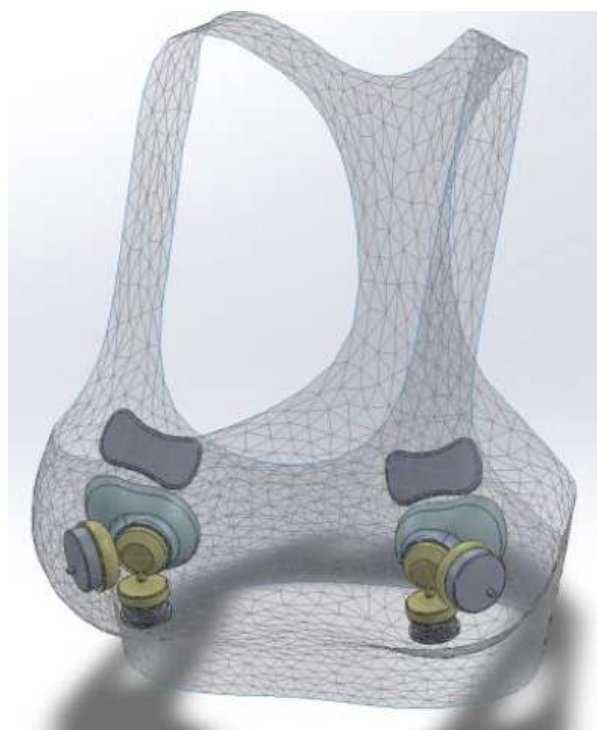


Figura 5.
Vista en sección del elemento calefactor

La Figura 6 ilustra la ubicación de todos los componentes del extractor de leche dentro del sujetador. El elemento calefactor se sitúa por encima

de la brida, en un bolsillo del sujetador, lo que permite a las usuarias retirarlo fácilmente y personalizar su experiencia, reduciendo así el volumen del conjunto y minimizando la incomodidad asociada con el uso de un dispositivo inactivo.

La brida del extractor se ubicará en la sección interna del sujetador, en contacto directo con los senos de la usuaria.

La bolsa recolectora de leche se conecta al adaptador correspondiente y se posiciona debajo de este, en un compartimento dedicado que facilita su extracción y vaciado. Las bolsas están fabricadas en silicona reutilizable, seleccionada no solo por su sostenibilidad, sino también por sus propiedades aislantes, que ayudan a mantener la frescura de la leche durante un período prolongado. Además, la bolsa presenta una abertura amplia que simplifica las tareas de limpieza.

e. Diseño e integración de la aplicación

El extractor se controla mediante una aplicación móvil, que ofrece a las usuarias un medio accesible y discreto para ajustar tanto el funcionamiento de la bomba como el del elemento calefactor y vibratorio, de acuerdo con sus preferencias. Además de los ajustes manuales, la aplicación registra automáticamente estadísticas clave de uso —como duración de la sesión, niveles de intensidad y frecuencia—, brindando a las usuarias información valiosa sobre sus patrones de extracción a lo largo del tiempo.

Esta combinación de control y monitoreo potencia la personalización, la comodidad y la experiencia global de uso.



Figura 7.

Capturas de pantalla de la interfaz de la aplicación, que ilustran los controles para operar el extractor, así como una función de seguimiento de uso y salud diseñada para apoyar el monitoreo de la usuaria

La Figura 7 ilustra la interfaz de la aplicación. El número de botones se mantuvo intencionalmente en un mínimo para garantizar una experiencia de uso simple e intuitiva, reduciendo el posible estrés o la sobrecarga cognitiva. Se utilizó un esquema de color predominantemente verde, dado que este tono suele asociarse con calma y relajación. El diseño general emplea una paleta principalmente monocromática, complementada con colores de acento selectivos que guían la atención de la usuaria sin sobrecargar la interfaz.

f. Electrónica

El subsistema electrónico integra múltiples componentes para garantizar un control preciso, seguridad e interactividad con la usuaria. Cada módulo del extractor de leche incorpora su propia tarjeta de circuito impreso (PCB, por sus siglas en inglés) de diseño personalizado. Esta arquitectura distribuida de PCB reduce de manera significativa la cantidad de cables que deben enrutarse a través del sujetador. Este diseño distribuido asegura que cada subsistema opere de manera independiente, lo que permite altos niveles de personalización y escalabilidad.

Aunque cada PCB es responsable de un subsistema específico, todas las placas se encuentran interconectadas y sincronizadas mediante una unidad de microcontrolador (MCU, por sus siglas en inglés). La tarjeta principal se muestra en la Figura 8. El microcontrolador ESP32-S3 seleccionado también gestiona la comunicación Bluetooth, lo que permite que todo el sistema se conecte de forma inalámbrica con la aplicación móvil complementaria.

El dispositivo se alimenta mediante una batería interna de ion-litio recargable de 110 mAh a 3.7 V e incluye un puerto de carga USB-C en la PCB, que facilita la recarga entre usos. El circuito de gestión de energía integrado, basado en el chip BQ21040 de Texas Instruments, asegura una carga segura y una distribución eficiente de energía entre todos los módulos.

El control de temperatura se logra a través de un lazo de control programado que utiliza un alambre calefactor resistivo. Cada módulo calefactor incluye un sensor de temperatura y un MCU, los cuales monitorean continuamente los datos del sensor y ajustan la potencia suministrada al alambre para asegurar que las temperaturas se mantengan dentro de umbrales seguros y preestablecidos.

Un motor vibratorio en miniatura opera mediante señales de modulación por ancho de pulso (PWM, por sus siglas en inglés), lo que permite

ajustar la intensidad y programar patrones de vibración.

Una bomba de vacío de diafragma genera la presión negativa para la succión y se conecta mecánicamente al adaptador de diafragma del extractor. Esta bomba funciona con una válvula solenoide, que permite una modulación precisa de los ciclos de succión. Esta configuración soporta perfiles de vacío personalizables por la usuaria a través de la aplicación, lo que ofrece comodidad y eficiencia adaptativas, mismas que serán descritas en la siguiente subsección.

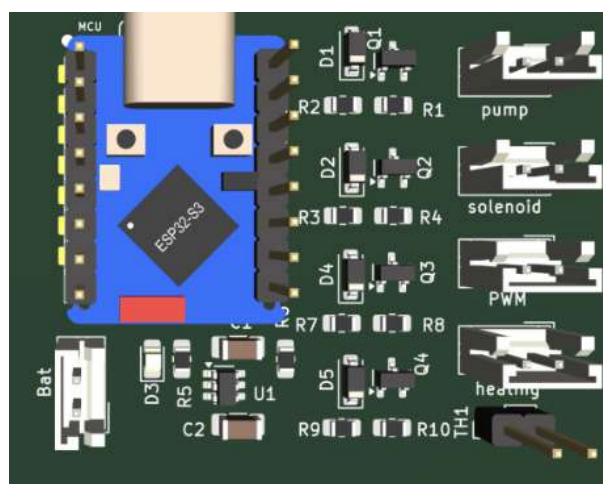


Figura 8.

Tarjeta principal propuesta con ESP32-S3 como microcontrolador (MCU)

g. Modos de extracción

La extracción eficaz se sustenta en dos ejes: provocar el reflejo de eyección (oxitocina) y drenar el pecho sin dolor. En la práctica, esto se traduce en alternar frecuencias altas con vacíos bajos-moderados para estimular (“let-down”) y luego frecuencias más bajas con vacíos más altos, hasta el máximo confortable de la usuaria (MCV, por sus siglas en inglés), para expresar. La literatura muestra que trabajar cerca del MCV maximiza el caudal y el volumen, con promedios reportados alrededor de -190 mmHg, pero con variabilidad interindividual notable (Kent *et al.*, 2008). La forma de onda, cómo sube y libera el vacío dentro de cada ciclo, y el rango de 40-60 cpm en expresión, así como entre 100-120 cpm en estimulación, son rasgos convergentes en estudios y prácticas clínicas (Kent *et al.*, 2008; Mitoulas *et al.*, 2002a, 2002b). Además, el doble bombeo mejora rendimiento y el contenido energético de la leche, reduciendo el tiempo total (Prime *et al.*, 2012). Los patrones tipo “infante”, e incluso los

ciclos de 2-fases, logran resultados comparables en dinámica de eyección, siempre que el vacío sea adecuado (Gardner *et al.*, 2019).

Desde el punto de vista técnico, esto implica hacer un control óptimo del vacío generado por la bomba de vacío de diafragma y transiciones fluido-sensibles entre los diferentes modos de operación. Además, según la literatura, la frecuencia exacta es menos crítica que un perfil de vacío cómodo, estable y repetible (Kent *et al.*, 2008; Mitoulas *et al.*, 2002a, 2002b; Gardner *et al.*, 2019).

Basados en esta revisión del estado del arte, se proponen los siguientes modos de operación:

1. Modo estimulación (“let-down”):

En este modo, el objetivo es desencadenar la eyección (oxitocina). Se siguen parámetros de aproximadamente 100 a 120 cpm, con un vacío bajo a moderado de entre -60 y 140 mmHg, mediante un proceso de rampas rápidas de succión y liberaciones cortas. La duración típica propuesta para este modo es de 1 a 2 minutos al inicio de la extracción, con una posible reactivación si la usuaria detecta caídas de flujo, denominada modo de reestimulación. La usuaria, además, puede controlar la fuerza del vacío, lo que permite lograr un ajuste óptimo de confort (Kent *et al.*, 2008; Mitoulas *et al.*, 2002a, 2002b; Oregon Health Authority, 2019).

2. Modo expresión:

En este modo, el objetivo es drenar eficientemente el pecho una vez que se ha desencadenado la eyección. Se propone trabajar a 40-60 cpm, incrementando el vacío de forma gradual hasta el máximo confortable de la usuaria (MCV). Como guía práctica, se recomienda iniciar alrededor de -100 mmHg y aumentar en pasos pequeños (p. ej., 5-10 mmHg) hasta encontrar el punto cómodo; en estudios, el MCV promedio ronda los -190 mmHg, con alta variabilidad entre usuarias. La forma de onda prioriza una succión con rampa suave, un hold suficiente para estabilizar el flujo y una liberación controlada. Este modo constituye la mayor parte de la sesión; si aparece molestia o una caída sostenida del flujo, se ajusta el vacío o se pasa temporalmente a reestimulación. Por seguridad, se recomienda un límite del equipo en el rango de -240 a -250 mmHg (Kent *et al.*, 2008; Mitoulas *et al.*, 2002a, 2002b; Oregon Health Authority, 2019).

3. Modo iniciación:

Este modo está pensado para los primeros días posparto o cuando aún no se establece bien la lactancia. Utiliza un patrón irregular en ráfagas que alterna períodos cortos de estimulación con

momentos de expresión y pausas breves, durante aproximadamente 15 minutos. Los vacíos se mantienen en rangos bajos a medios y se escalan con cautela conforme la usuaria lo tolere. El objetivo es favorecer la activación secretora y apoyar casos como NICU o situaciones en las que el bebé no succiona de forma eficaz. Tras la iniciación, se recomienda migrar al esquema estándar de dos fases (estimulación-expresión) de la sesión (Gardner *et al.*, 2019).

4. Modo re-estimulación:

Cuando la usuaria detecta caídas de flujo o el sistema identifica una reducción sostenida del rendimiento, se activa una breve reestimulación para provocar nuevas eyecciones. Se retoma temporalmente un patrón parecido al de estimulación: ~100 a 120 cpm, con vacío bajo a moderado (p. ej., -60 a -140 mmHg) y rampas rápidas de succión con liberaciones cortas, durante 45 a 90 segundos. Concluida la ráfaga, el equipo vuelve automáticamente al modo de expresión. La usuaria puede activar este modo manualmente si lo desea (Gardner *et al.*, 2019; Kent *et al.*,

2008).

5. Modo doble bombeo (simultáneo):

En este modo se extrae leche de ambos pechos al mismo tiempo, reutilizando los patrones anteriores (estimulación/expresión), pero con control independiente por lado para respetar el MCV de cada uno. El objetivo es incrementar el volumen total extraído y acortar el tiempo de sesión; además, se ha observado una mejora en el contenido energético de la leche. Se recomienda sincronizar las fases (para mayor comodidad) y permitir que cada lado ajuste su vacío de forma autónoma para compensar asimetrías naturales (Prime *et al.*, 2012; Kent *et al.*, 2008).

Dichos modos son incorporados en cada MCU y pueden ser seleccionados de manera independiente para cada extractor desde la aplicación propuesta, permitiendo además ajustar la intensidad del vacío para que cada usuaria identifique sus niveles de confort. A manera de resumen, se presenta la siguiente tabla con los modos anteriormente descritos:

Tabla 1.

Modos de bombeo y parámetros operativos en la extracción de leche materna

Modo	Objetivo	Frecuencia (cpm)	Vacío sugerido (mmHg)	Duración/uso típico	Disparadores de cambio	Notas
Estimulación	Desencadenar eyección	100–120	–60 a –140	1 a 2 min inicial; ráfagas intercaladas	Inicio de sesión; caída de flujo	Ajuste por confort (Kent <i>et al.</i> , 2008), (Mitoulas, <i>et al.</i> , 2002a, 2002b) y (Oregon Health Authority, 2019)
Expresión	Drenar eficientemente	40–60	Hasta MCV, entre –100 a –220, sin superar –250	Fase principal	Volumen estable bajo; tiempo objetivo cumplido	MCV optimiza caudal/volumen (Kent <i>et al.</i> , 2008)
Iniciación	Activación secretora	Irregular (ráfagas)	Baja a media, escalonada	~15 min (primeros días)	Postparto temprano; lactancia no establecida	Útil en NICU (Gardner <i>et al.</i> , 2019)
Reestimulación	Nueva eyección	100–120	–60 a –140	45–90 s por evento	Caída de caudal/indicadores de eyección ausentes	Volver a Expresión (Gardner <i>et al.</i> , 2019)
Doble bombeo	+ volumen y - tiempo	Según modo base	Independiente por lado	Toda la sesión	Preferencia usuario/tiempo	Mejor rendimiento (Prime <i>et al.</i> , 2012)

h. Pruebas con usuarias

Se llevaron a cabo pruebas con usuarias para evaluar tanto la forma como el ajuste del dispositivo en un contexto real (Figuras 9 y 10). La retroalimentación confirmó que la brida proporciona un sellado cómodo y se alinea adecuadamente con el ajuste anatómico previsto. Además, se recopiló retroalimentación sobre la interfaz de la aplicación para garantizar que se alinea con los objetivos del proyecto y ofreciera una experiencia de uso intuitiva. Esta información servirá para orientar mejoras continuas dirigidas a optimizar la usabilidad y la satisfacción general.

Conclusión

Este proyecto logró desarrollar un dispositivo electrónico bioinspirado para la extracción de leche materna que aborda de manera integral tanto las necesidades fisiológicas como emocionales de las madres lactantes. Mediante una metodología de diseño centrada en la usuaria, se creó

un sistema que incorpora patrones de succión más naturales, elementos de calefacción y masaje, así como una interfaz intuitiva que permite una experiencia personalizada.

El diseño de la brida, el sistema electrónico distribuido y la integración con una aplicación móvil representan una innovación significativa en comparación con los dispositivos convencionales, priorizando la comodidad, la discreción y la eficiencia.

Entre los principales logros del proyecto destacan la validación del prototipo a través de pruebas de ajuste anatómico y de experiencia de uso, así como el potencial de escalar el diseño hacia una versión comercial adaptable a diversos contextos culturales y de uso. Asimismo, el enfoque interdisciplinario adoptado en el desarrollo atiende no solo los aspectos técnicos del dispositivo, sino también el impacto psicológico y social de la lactancia para las mujeres. En este sentido, la propuesta contribuye a la humanización de las tecnologías de lactancia, promoviendo una experiencia más empática, efectiva y digna para las madres que optan por la extracción de leche materna.

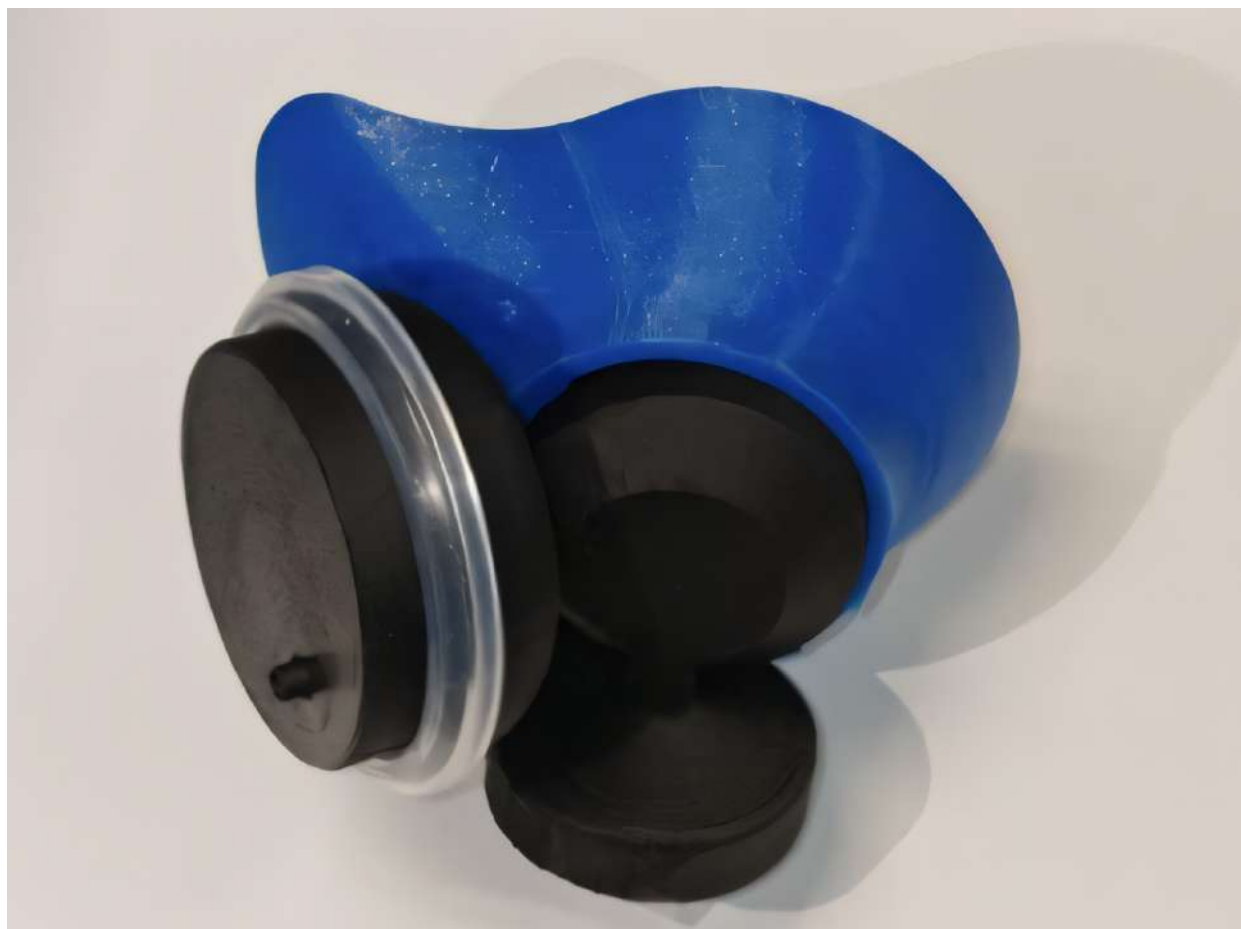


Figura 9.

Vista frontal del prototipo impreso en 3D con TPU, con conexiones correctas y estandarizadas para un rendimiento óptimo del extractor de leche



Figura 10.

Vista superior del prototipo impreso en 3D con TPU, con conexiones correctas y estandarizadas para un rendimiento óptimo del extractor de leche

Perspectivas de desarrollo futuro

A pesar de los avances logrados en el diseño y validación del prototipo, existen áreas clave que podrían optimizarse en etapas futuras de desarrollo:

1. **Validación clínica y estudios ampliados de usabilidad:** se recomienda realizar pruebas con una muestra más amplia y diversa de usuarias para evaluar el desempeño del dispositivo en distintos contextos fisiológicos, culturales y sociales. Estas pruebas podrían incluir métricas como el volumen de leche extraído, la comodidad percibida, el im-

pacto emocional y la duración de uso.

2. **Optimización de materiales y procesos de manufactura:** si bien los materiales seleccionados cumplen con los criterios funcionales y de seguridad, se sugiere explorar opciones más ligeras, duraderas y sostenibles que reduzcan el peso y el costo sin comprometer la ergonomía o la biocompatibilidad.
3. **Mejora de la autonomía energética:** la batería actual puede limitar la duración de las sesiones de extracción. La incorporación de baterías de mayor capacidad o sistemas de carga rápida incrementaría la autonomía del dispositivo sin aumentar significativamente su tamaño o peso.
4. **Integración de inteligencia artificial:** la aplicación podría evolucionar para incluir algoritmos que aprendan del comportamiento de cada usuaria, sugiriendo patrones de extracción óptimos y personalizados, o bien alertando sobre irregularidades en la producción de leche.
5. **Escalabilidad del diseño:** finalmente, se recomienda trabajar en una estrategia de diseño modular que permita al sistema adaptarse a diferentes modelos de negocio (por ejemplo, uso hospitalario, alquiler o venta directa) y a distintos niveles de ingreso, ofreciendo tanto versiones básicas como avanzadas del dispositivo.

Referencias

- Arsyad, N.A., Syarif, S., Ahmad, M., & As'ad, S. (2020). Breast milk volume using portable double pump microcontroller Arduino Nano. *Enfermería Clínica*, 30, 555–558. <https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2019.07.159>
- Chavarría Vázquez, C. R., Garcilano Sánchez, J. H., Crisóstomo, Y. M., & Negrín Pérez, L. (2025). Lactancia materna y salud mental materna: vínculos, desafíos y oportunidades: Breastfeeding and maternal mental health: connections, challenges, and opportunities. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 6(6), 525 – 533. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i6.4909>
- Crossland, N., Thomson, G., Morgan, H., MacLennan, G., Campbell, M., Dykes, F., & Hoddinott, P. (2016). Breast pumps as an incentive for breastfeeding: a mixed methods study of acceptability. *Maternal & child nutrition*, 12(4), 726–739. <https://doi.org/10.1111/mcn.12346>
- Design Council (2004). *The Double Diamond: A universally accepted depiction of the design process*. <https://www.designcouncil.org.uk/resources/the-double-diamond/>
- Eglash, A., & Malloy, M.L. (2015). Breastmilk expression and breast pump technology. *Clinical Obstetrics and Gynecology*, 58(4), 855–867. <https://doi.org/10.1097/GRF.0000000000000141>
- Elad, D., Kozlovsky, P., Blum, O., Laine, A.F., Po, M.J., Botzer, E., Dollberg, S., Zelicovich, M., & Ben Sira, L. (2014). Biomechanics of milk extraction during breast-feeding. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(14), 5230–5235. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319798111>
- Flores-Soto, D., Martínez-López, J.C., Barbosa-Villarreal, F., Recio-España, F.I., García-Espinoza, J.A., Chama-Naranjo, A., Campollo-López, A.P., Deluna-Gallardo, D., Costa-Dulche, A., & Márquez-Espriella, C. (2022). Anthropometric breast measurements: Analysis of the average breast in the Mexican female population. *Journal of Biosciences and Medicines*, 10(3), 124–135. <https://doi.org/10.4236/jbm.2022.103013>
- Gardner, H., Kent, J.C., Lai, C.T., & Geddes, D.T. (2019). Comparison of maternal milk ejection characte-

- ristics during pumping using infant-derived and 2-phase vacuum patterns. *International Breastfeeding Journal*, 14(47). <https://doi.org/10.1186/s13006-019-0237-6>
- Kent, J.C., Mitoulas, L.R., Cregan, M. D., Geddes, D.T., Larsson, M., Doherty, D.A., & Hartmann, P.E. (2008). Importance of vacuum for breastmilk expression. *Breastfeeding Medicine*, 3(1), 11–19. <https://doi.org/10.1089/bfm.2007.0028>
- Kou-Guzmán, J., & Vallejo-López, A. (2024). Healthy pregnancy and the importance of breastfeeding. *Journal of Scientific Investigation*, 8(1), 4143–4154. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.4143-4154>
- Mitoulas, L.R., & Davanzo, R. (2022). Breast pumps and mastitis in breastfeeding women: Clarifying the relationship. *Frontiers in Pediatrics*, 10 <https://doi.org/10.3389/fped.2022.856353>
- Mitoulas, L.R., Lai, C.T., Gurrin, L.C., Larsson, M., & Hartmann, P.E. (2002). Effect of vacuum profile on breast milk expression using an electric breast pump. *Journal of Human Lactation*, 18(4), 353–360. <https://doi.org/10.1177/089033402237908>
- Mitoulas, L.R., Lai, C.T., Gurrin, L.C., Larsson, M., & Hartmann, P.E. (2002). Efficacy of breast milk expression using an electric breast pump. *Journal of human lactation*, 18(4), 344–352. <https://doi.org/10.1177/089033402237907>
- Mateo Crisóstomo, Y. (2025). Desafíos de lactancia materna en México: barreras sociales, culturales y de salud (Breastfeeding challenges in Mexico: social, cultural, and health barriers). *Revista Conecta Libertad*, 9(1), 71–76. <https://revistaitsl.itslibertad.edu.ec/index.php/ITSL/article/view/437>
- Oregon Health Authority (2019). *Steps for assessing pump performance*. WIC Program.
- Prime, D.K., Garbin, C.P., Hartmann, P.E., & Kent, J.C. (2012). Simultaneous breast expression in breastfeeding women is more efficacious than sequential breast expression. *Breastfeeding Medicine*, 7(6), 442–447. <https://doi.org/10.1089/bfm.2011.0139>
- Rosenbaum, K.A. (2022). Exclusive breastmilk pumping: A concept analysis. *Nursing Forum*, 57(4), 946–953. <https://doi.org/10.1111/nuf.12766>
- World Health Organization (2009). *Infant and young child feeding: Model chapter for textbooks for medical students and allied health professionals*. WHO. <https://www.who.int/publications/item/9789241597494>
- Zhou, Y., Ni, J., Zhou, C., Chen, Y., Little, J., & Zhang, L. (2020). Effects of three methods of breast milk expression on breastfeeding initiation, breast milk extraction and proportion of exclusive breastfeeding: An open label, randomized controlled trial. *SSRN*, 1-64. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3576847>

En búsqueda del bienestar emocional: análisis de rituales de consumo en línea desde un ángulo sociosemiótico

Dora Ivonne Alvarez Tamayo¹

Resumen

El concepto de bienestar es un tema de interés y relevancia en las agendas públicas y en la vida del ser humano; ha sido estudiado desde diversas perspectivas y ha despertado el interés de las personas sobre la oferta existente de servicios profesionales de apoyo. La búsqueda del bienestar está motivada por las necesidades humanas, representando una oportunidad de intercambio comercial. Esta indagación se enfoca al ámbito de consumo de servicios de bienestar emocional disponible en línea, con el objetivo de identificar los aspectos relativos a la significación en los rituales de consumo a partir de los discursos emitidos por cuatro participantes en el ámbito digital: consumidores, prestadores de servicios, especialistas y agencias de marketing y publicidad. El análisis se aborda desde un enfoque cualitativo aplicando sociosemiótica y marketing semiótico. Los principales resultados muestran la existencia de estructuras y patrones que sustentan las interacciones de los principales stakeholders y permiten reconocer los componentes clave de las estructuras narrativas y significativas que sostienen los rituales de consumo, entre ellas las tensiones del sistema semántico de oposiciones relativas al bienestar emocional, así como sus efectos en el cliente real y potencial.

Palabras clave: rituales de consumo, bienestar emocional, semiótica, significación, discurso.

Cómo citar: Alvarez, D. (2026). En búsqueda del bienestar emocional: análisis de rituales de consumo en línea desde un ángulo sociosemiótico. En Altamira, J., Calles, M. (Coord.). *Salud y Género: retos y aportes desde la investigación*. High Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/saludygenero6>

In search of emotional well-being: analysis of online consumption rituals from a socio-semiotic perspective

Abstract

The concept of well-being is a topic of significant interest and relevance across public agendas and human life; it has been studied from various perspectives and has piqued public interest in the range of professional support services available. The search for well-being is driven by human needs, representing an opportunity for commercial exchange. This inquiry focuses on online emotional well-being service consumption, aiming to identify aspects of signification in consumption rituals through the discourses of four participants in the digital realm: consumers, service providers, specialists, and marketing/advertising agencies. The analysis is conducted using a qualitative approach, drawing on socio-semiotics and semiotic marketing. The main results show the existence of structures and patterns that underpin the interactions of key stakeholders, allowing the recognition of the narrative's key components and meaningful structures that sustain consumption rituals. These include the tensions within the semantic system of oppositions related to emotional well-being, as well as their effects on both actual and potential clients.

Keywords: consumption rituals, emotional well-being, semiotics, signification, discourse.

Introducción

El concepto de bienestar es un tema de interés y relevancia en las agendas públicas y en la vida del ser humano, por lo que ha sido estudiado desde diversas aristas, tales como la filosofía, la ética, la psicología, la economía, la política, la sociología, entre otras. La Organización Panamericana de la Salud (OPS, s.f.) define la salud mental como un estado de bienestar que permite a las personas afrontar el estrés, desarrollar sus capacidades, aprender, trabajar y contribuir a su comunidad. Es un derecho humano esencial y un pilar para el desarrollo individual, social y económico, ya que sustenta la capacidad de tomar decisiones, construir relaciones y transformar el entorno. Tomando como base la psicología positiva, Seligman (2011) explica que el bienestar se refiere a un estado multicomponential que permite a las personas desarrollar su potencial, encontrar significado a sus acciones y establecer conexiones significativas con los demás.

Los términos de bienestar y felicidad, aunque no son sinónimos, suelen confundirse o usarse como equivalentes en la lengua coloquial porque se consideran elementos contiguos o implicados en el mapa semántico; por lo que, frecuentemente, se discuten en foros nacionales e internacionales los

temas relativos al bienestar, la felicidad y sus impactos en la vida de las personas. Tal es el caso del planteamiento de la ecuación éxito-felicidad presentado en el evento “Wellbeing 360”, organizado por el Tec. Millenium (Alva, octubre de 2025). La búsqueda del bienestar está motivada por las necesidades humanas, por lo que representa una oportunidad de intercambio para prestadores de servicios especializados en acompañar a las personas en su búsqueda. Esta indagación se enfoca en el ámbito de consumo de servicios de bienestar emocional ofertados en línea.

A su vez, Canals (2010) explica que históricamente, organizaciones y prestadores de servicios han construido su reputación sobre diferentes pilares: productos excelentes, servicios excelentes, marcas icónicas, experiencias únicas o la calidad de la organización y su gestión; actualmente, la innovación tecnológica se incorpora a estos pilares controladores de la reputación. Asimismo, Wells (citado en Dupont, 2004, p. 6) mencionó que “la publicidad es el arte de enseñar a la gente a querer cosas”, y en esta frase, de manera implícita, puede ubicarse la relación de la publicidad con los medios, pues son estos los vehículos que conducen los mensajes publicitarios; por otro lado, hace evi-

dente que la razón de ser de la publicidad se centra en el usuario al cual hay que “enseñar” a ser consumidor, es decir, a desear satisfacer necesidades y actuar en consecuencia. Los consumidores construyen su relación con el mundo a partir de sistemas representacionales, en procesos semióticos.

Las interacciones comerciales en plataformas digitales han captado la atención de la comunidad investigadora. Páramo Morales (2022) enfatiza la dinámica de este tipo de consumos, también denominado como consumo virtual, digital, online y de redes, cuyo desarrollo está vinculado con los avances tecnológicos y que, sin embargo, conserva la esencia del consumo presencial: la interacción en las sociedades de consumo como acto humano de adquisición, consumo y apropiación, que implica un alto contenido social y una decisión individual en relación con necesidades y deseos aprendidos. A manera de analogía, Caramés y Torres (2012) han explicado que los rituales virtuales son una forma novedosa y contemporánea de habitar y manifestarse como individuo y ente social en el espacio público, destacando el carácter simbólico del rito y su poder como integrador de comunidades de sentido.

Por su parte, Barreto Filho *et al.* (2023) explican que la potencia cultural y comunicacional de las mediaciones del consumo digital en los participantes, en especial en los más jóvenes, tienen impacto directo en la idealización de la realidad y la construcción de identidad. Los autores puntualizan que la fluidez en la interacción con los medios virtuales se considera un indicador de desarrollo; destacan también que el comportamiento ritual proporciona una suerte de orden social y una experiencia compartida que fomenta el sentido de pertenencia mediante rutinas, acciones, palabras y sustancias. Los consumos online han evolucionado en los últimos cinco años, de acuerdo con Nannini (2023), y con ello las estrategias de marketing y retail, pues algo que la experiencia de pandemia nos dejó, a decir de la autora, es la comodidad para elegir de entre una importante variedad de opciones y calidades, productos que llegan a la puerta de tu casa y promociones que saltan de la pantalla mediante notificaciones, mailing y newsletters, a manera de provocaciones o tentaciones. En este ir y venir de información, los consumidores realizan rituales y prácticas de consumo nuevas en contra respuesta a los efectos del algoritmo.

El presente estudio se orienta a identificar los aspectos relativos a la significación en los rituales de consumo a partir de los discursos emitidos por cuatro participantes de este tipo de rituales en el ámbito digital: los clientes reales y potenciales,

los prestadores de servicios de bienestar mental y emocional en línea, especialistas que promueven sus servicios de bienestar mental y emocional en línea, y agencias de marketing y publicidad que fungen como intermediarios en la comunicación entre prestadores de servicios y clientes. El análisis se aborda desde un enfoque cualitativo, aplicando sociosemiótica y marketing semiótico.

En pos del bienestar

El bienestar es un concepto multidimensional que abarca la salud física, mental y social, y es esencial para el desarrollo integral de las personas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023), el bienestar no es solo la ausencia de enfermedad, sino un estado de completo equilibrio físico, mental y social. Estudios recientes demuestran que el bienestar influye directamente en la productividad, la creatividad y la calidad de vida, destacando su importancia en la construcción de sociedades más justas y sostenibles (Diener & Seligman, 2024).

La psicología positiva, fundada por Martin Seligman, define el bienestar como un constructo multidimensional que va más allá de la felicidad momentánea, orientando a la persona hacia la realización del potencial individual (2011). Según Seligman (2011), el bienestar se compone de cinco elementos esenciales, conocidos por el acrónimo PERMA: Positive emotions (emociones positivas), Engagement (compromiso o flow), Relationships (relaciones significativas), Meaning (sentido de propósito) y Accomplishment (logro).

Estos elementos no solo contribuyen a la satisfacción con la vida, sino que también promueven la resiliencia y el crecimiento personal. Además, Diener (2009) destaca que el bienestar subjetivo incluye tanto la evaluación cognitiva de la vida (satisfacción vital) como el balance afectivo (experiencia de emociones positivas y negativas). Un mayor conocimiento de la relación entre bienestar y salud puede llevar a programas que fomenten estilos de vida saludables. Se prioriza, por supuesto, la prevención para toda sociedad moderna interesada en el bienestar de sus ciudadanos. Sin embargo, a menudo el ser humano focaliza su atención en lo que sale mal y no lo suficiente en lo que sale bien en su experiencia cotidiana. Aunque el sesgo negativo es un mecanismo del cerebro en favor de la subsistencia, puede predisponer al sujeto a sentir ansiedad, angustia y depresión (Seligman, 2016).

Existen taxonomías del bienestar que, para fines de esta indagación, permiten encuadrar el estudio; en este caso, se trabajará con el bienestar

emocional, referente a un estado de florecimiento humano y un proceso activo que implica el desarrollo de fortalezas personales, la búsqueda de experiencias significativas y la construcción de una vida plena y satisfactoria. La salud emocional está implicada en la salud psicológica o mental, en tanto que considera aspectos como la presencia de emociones positivas, resiliencia, propósito, identidad y conexión (Seligman, 2011). En este orden de ideas, este tipo de bienestar comprende la capacidad de la persona para reconocer, comprender y gestionar adecuadamente sus emociones, así como responder de manera adecuada a las emociones de los demás, mediante el desarrollo de habilidades como la autorregulación, la empatía y la resiliencia emocional (Centers for Disease Control and Prevention, 2023). Se puede decir que la salud emocional contribuye a la salud mental general (Tabla 1).

Tabla 1.

Cuadro comparativo de los conceptos de salud mental y salud emocional

Nota. Elaboración propia con datos de Seligman, 2011, Centers for Disease Control for Prevention, 2023 y OMS, 2023.

Aspecto	Salud mental	Salud emocional
Concepto	Estado general de bienestar psicológico que permite a la persona afrontar el estrés, desarrollar su potencial, trabajar de modo productivo y contribuir a su comunidad	Capacidad de reconocer, comprender, expresar y gestionar de manera adecuada las emociones propias y responder a las de los demás
Enfoque principal	Funciones cognitivas, conductuales y psicológicas integrales	Manejo de sentimientos y reacciones emocionales
Alcance	Más amplio: incluye aspectos emocionales, sociales y cognitivos	Más específico: se centra en la gestión emocional
Ejemplos de indicadores	Estabilidad psicológica, ausencia de trastornos mentales, capacidad de adaptación	Inteligencia emocional, autorregulación, empatía
Importancia	Permite un funcionamiento mental saludable y equilibrio en la vida diaria	Favorece relaciones interpersonales sanas y bienestar personal

En la búsqueda del bienestar, la persona puede toparse con opciones radicales y también enfoques eclécticos. De acuerdo con Torres (2017, párr. 2), “El eclecticismo promueve marcos explicativos y aplicados que pretenden superar las limitaciones de las perspectivas tradicionales”; el autor destaca ventajas y desventajas, a saber (Tabla 2):

Tabla 2.

Ventajas y desventajas del eclecticismo en búsqueda del bienestar psicológico-emocional

Nota. Elaboración propia con datos de Torres, 2017.

Ventajas	Desventajas
Mayor capacidad explicativa	Dificultad de combinar orientaciones
Potenciación de la efectividad	Puede generar confusiones
Individualización de las intervenciones	Complica la evaluación de las intervenciones

Rituales de consumo

Los rituales son recursos representacionales de uso altamente frecuente en los acompañamientos en la búsqueda del bienestar de una persona que ha caído en conciencia de un estado personal y/o social que le produce incomodidad o disgusto, y que desea modificar justamente por su capacidad simbólico-expresiva para representar aquello que requiere ser transformado.

La publicidad juega un papel clave al resaltar las carencias y presentar el consumo como una vía hacia la plenitud. Además, el consumo genera compromiso, vínculos y emociones, impulsados por un lenguaje publicitario efectivo y la evolución tecnológica. Aunque promueve una sensación de bienestar, este es efímero (Pérez, 2024, p. 3).

El ritual también es un artificio expresivo que simboliza la transformación o la transición de un estado a otro; el ritual “es un proceso, un conjunto de acciones coordinadas hacia un fin determinado, específicamente hacia la transformación de un estado de cosas” (Solis Zepeda y Fontanille, 2012, p. 19). Un ritual se compone de acciones, actores, lugares, tiempos, objetos, idiomas y grupos, los cuales constituyen estructuras que, si se dinamizan, se configuran procesos (Grimes, 2013).

Cabe mencionar a Eco (2005), quien vislumbra el potencial de la semiótica en relación con fenómenos de intercambio económico en donde lo que se pone en juego como enlace entre las partes son bienes de consumo, en tanto que “el valor de uso de los bienes queda transformado en valor de cambio” (p. 48); esto da paso a un proceso de simbolización representado por algún medio que facilite la transacción (el dinero como signo, por ejemplo), y que está inmerso en una dinámica cultural que presupone un sistema de relaciones y oposiciones.

Para Arnould y Thompson (2005), la cultura es una gran fábrica de experiencia, significación y

acción, en la que, a manera de un juego donde los individuos interactúan dentro de las reglas de un marco de referencia, se determinan los horizontes en que se manifiestan la acción, los sentimientos, pensamientos, patrones de conducta y las interpretaciones. Esta visión del significado cultural pone el énfasis en la dinámica de fragmentación, pluralidad, fluidez e hibridación del consumo tradicional y las formas de vida.

Otros autores, como Roberto Verganti (2009), Hoshino (1987), Oswald (2012) y Baudrillard (citado en Hoshino, 1987) coinciden en que las personas no compran productos sino significados. Las motivaciones para el uso y consumo de bienes y servicios, además de las razones utilitarias, se fundan en la emoción, los aspectos psicológicos y socioculturales, de manera que las organizaciones y prestadores de servicios deben ir más allá de características funcionales para comprender el verdadero significado asignado por los usuarios.

En este sentido, Thompson (2006) contextualiza el término cultura en relación con la mercadotecnia, definiéndose como el conjunto de símbolos (como valores, normas, actitudes, creencias, idiomas, costumbres, ritos, hábitos, capacidades, educación, moral, arte, etc.) y objetos (como vestimenta, vivienda, productos, obras de arte, herramientas, etc.) que son aprendidos, compartidos y transmitidos de una generación a otra por los miembros de una sociedad; por tanto, la cultura es un factor que determina, regula y moldea la conducta humana. Es decir, la conducta es producto de la cultura en la que se desenvuelve y a la que pertenece, lo que determina en gran medida la forma en la que cada persona piensa, cree y actúa, afectando las necesidades y deseos que las personas tienen, y la evaluación de las alternativas de las que dispone para satisfacerlas. Las actividades culturales incluyen los rituales como expresiones del comportamiento y de la carga simbólica asociada a ellos.

De acuerdo con Solís y Fontanille (2012), visto desde una perspectiva semiótica, el ritual está permeado por su naturaleza vivencial y polisensorial, y se considera un acto de significación, es decir, semiosis, en tanto que integra aspectos significantes como objetos, enunciados y escenarios, signos que se articulan en un tiempo determinado, cuya estructura puede tener diferentes niveles y que se ajusta entre diversas prácticas. Los autores explican que un ritual es un complejo simbólico que consta de tres componentes clave: las exhibiciones, las acciones y las instrucciones. También enfatizan el carácter dinámico de la vivencia de los rituales, en tanto que los seres humanos a lo largo

de su vida, individual o colectiva, en diferentes momentos cumplen con roles que tienen cierto grado de estabilidad, pero que en algún punto pueden cambiar o ser puestos en crisis, influyendo en su identidad y en su participación o comportamiento en la estructura social (Caramés y Torres, 2012). El sujeto tiene la habilidad de asimilar, ajustarse y reproducir rituales, así como de inferir la creación de nuevos rituales en un espacio virtual o presencial, otorgando significación a un grupo de pertenencia.

La teoría de consumo cultural (Arnold y Thompson, 2007) o TCC participa en la comprensión de procesos en los que los consumidores establecen su propia visión desde la fuente de lo mítico y simbólico a través de las relaciones con otros, incluyendo su forma de intervenir en campos de consumo, construyendo narrativas de su identidad. La teoría de la cultura del consumidor examina su ideología, es decir, sistemas de significado que tienden un canal y reproducen los pensamientos y acciones de los consumidores en función de las formas dominantes de su interés en sociedad. Las cuestiones principales son: ¿Qué normas rigen la producción de mensajes para transmitir mensajes mediáticos acerca del consumo? ¿Cómo dan sentido los consumidores a los mensajes para formular sus respuestas? En estos programas de investigación, los consumidores son concebidos como agentes interpretativos significadores-creadores. Por lo tanto, los consumidores son productores de cultura. Las investigaciones giran en torno a las formas en que el surgimiento del consumo como una práctica humana dominante reconfigura modelos culturales para la acción y la interpretación, y viceversa.

Como se puede inferir, los rituales de consumo son un conjunto de acciones o comportamientos con un significado simbólico no solo utilitario, asociados a las transacciones entre agentes que participan de la adquisición, uso o disfrute de un bien o servicio, cuya ejecución y repetición favorece la instauración de patrones personales y/o colectivos. Los rituales de consumo tienen el potencial de influir en la construcción de la identidad, la vivencia de experiencias memorables, la cultura y los efectos emocionales.

El marketing semiótico

Se trata de una línea de investigación producto de la fusión de dos disciplinas centradas en el usuario: la semiótica y la mercadotecnia, que, haciendo uso de teorías, principios y técnicas, permite comprender los procesos de significación

contextualizados en el ámbito de la comercialización de bienes y servicios, con el fin de obtener información del comportamiento del consumidor en relación con los factores de influencia que determinan sus decisiones de compra a través del análisis de su sistema simbólico y de creencias. El marketing semiótico permite establecer una comunicación óptima con el consumidor porque comprende sus necesidades, motivaciones y aspiraciones.

De acuerdo con Fontanille (2001), el sentido, la significación y la significancia son conceptos adyacentes que se encuentran presentes al analizar los fenómenos en que los signos y los conjuntos de signos se presentan ante las personas que interactúan con los discursos respecto a un tema. La significación se concibe como producto organizado que ofrece al intérprete cierto grado de estabilidad convencional, y también se le cataloga como acto, como significación viviente, es decir, como proceso y praxis. El sentido, por su parte, se refiere a la dirección, tendencia o tensión relativa a la significación de signos o conjuntos de signos, mediante procesos cognitivos que permiten organizarlos, hacerlos inteligibles y relevantes para alguien, ya sean de naturaleza física, psicológica, social o cultural. Por último, la significancia se refiere a los efectos de sentido producidos por la significación del discurso.

En continuidad con Fontanille (2001, p. 30), el autor explica que “a partir de nuestras percepciones emergen significaciones” y que esas percepciones pueden ser sobre el mundo exterior y de sus formas físicas y biológicas como de nuestro mundo interno que incluye conceptos, impresiones, sentimientos y emociones. La interacción entre el mundo interno y externo genera sistemas de valores en los que los componentes sémicos ocupan posiciones diferenciales, en donde se pueden identificar también relaciones de oposición, complementariedad y subcontrariedad. La persona es capaz de elegir un punto de vista o mira, y de identificar la pertinencia, poniendo en juego el sistema de valores resultante de la semiosis o proceso de significación.

Desde una perspectiva semiológica, Floch (1993) explica que el posicionamiento —ganar un lugar en la mente de las audiencias— se da siempre en relación con otros elementos (o competidores), puesto que los signos cobran valor dentro de un sistema de signos, a partir de los otros en presencia simultánea; esto significa que los valores o significaciones están constituidos por una cosa desemejante (susceptible de ser cambiada) y por cosas similares (susceptibles de ser comparadas),

destacando la asignación de valor como un proceso que depende de un sistema fundado en las oposiciones, reconociendo similitudes y diferencias. Todos los puntos de contacto entre prestadores de servicios y sus stakeholders generan opinión. Entonces, se puede inferir que una de las funciones directivas y ejecutivas principales para una organización o un prestador de servicios —en este caso de bienestar—, dado el valor simbólico que juega la marca en las operaciones mentales que realiza un consumidor ante un proceso de compra, es precisamente la de desarrollar un plan estratégico que permita ganar un espacio mental en el usuario, cargado de un sentido favorable, adecuado y aceptable para las necesidades del cliente real y potencial.

El posicionamiento se logra a partir de los contactos con la marca en todo tipo de interacciones, y la intención de compra se promueve a partir de los discursos sobre los cuales la audiencia emite un juicio de valor. A su vez, Weilbacher (1999, p. 197) afirma que “el dilema del marketing solo puede resolverse finalmente mediante la determinación empresarial de crear valor de consumo decisivo”. Los discursos que representan valor positivo ante las audiencias deben comunicarse continuamente, pero es la experiencia la que genera el refuerzo de posicionamiento en términos del valor simbólico hacia la organización o el especialista que presta los servicios de bienestar.

Objetivo

Identificar los aspectos relativos a la significación en los rituales de consumo a partir de los discursos emitidos por cuatro participantes en el ámbito digital: consumidores, prestadores de servicios, especialistas y agencias de marketing y publicidad. El análisis se aborda desde un enfoque cualitativo aplicando sociosemiótica y marketing semiótico.

Metodología

Este estudio de tipo analítico, sincrónico y cualitativo se ha orientado a identificar en los rituales de consumo aquellos aspectos de la significación a partir de discursos en torno a los servicios profesionales de bienestar emocional ofertados en línea. Con base en la sociosemiótica y el marketing semiótico, el modelo de análisis aborda los siguientes componentes: estructuras de la oferta, patrones que sustentan las interacciones entre ofertantes, mediadores y clientes que participan

del ritual de consumo, los componentes de las estructuras narrativas, tensiones del sistema semántico del bienestar emocional y efectos.

La base en términos interrogativos es la siguiente: ¿Qué buscan los clientes potenciales para aliviar sus penas emocionales? ¿Qué ofrecen los prestadores de servicios? ¿Cómo hacen llegar su servicio a las audiencias? ¿Qué dicen las agencias de marketing y publicidad para conectar a clientes potenciales y prestadores de servicios? ¿Cuáles son los medios de comunicación utilizados en estas interacciones?

La muestra está compuesta por una selección final de ocho organizaciones prestadoras de servicios en el campo del bienestar emocional, resultantes de una preselección de 56 ofertantes con penetración en el mercado mexicano, con sede internacional, cuya oferta se presenta en inglés o español (Tabla 3). Estos ocho casos se consideran

exitosos por su presencia en medios digitales y fueron seleccionados considerando su capacidad de representar modelos o estructuras recurrentes de operación, alcance internacional, uso de plataformas virtuales y crecimiento de oferta virtual impulsada por la pandemia. También se consideraron los testimonios de veinte especialistas prestadores de servicios en línea de bienestar emocional. Se seleccionaron discursos de clientes reales y potenciales que han sostenido interacción con las ocho organizaciones prestadoras de servicios, que son adultos entre 35 y 60 años que buscan apoyo para sanar o crecer en algún aspecto de su bienestar emocional personal. Además, seis agencias de marketing y publicidad especialistas en el sector de la salud generadoras de contenido de habla hispana con presencia en España, México y Argentina.

Tabla 3.
Organizaciones prestadoras de servicios de bienestar emocional que integran la muestra final
Nota. Los nombres de los casos se mantienen en confidencialidad, pero para reconocer su giro, se utiliza un descriptor asociado con el eje discursivo de la oferta.

Caso	Tipificación	Ubicación Geográfica	Alcance
Caso 1. floreCIMIENTO humano	Instituto	México	Cobertura internacional principalmente México, latinos en Estados Unidos, Latinoamérica
Caso 2: felicidad	Organización	India	Cobertura internacional, alcance mundial
Caso 3: sanación de trauma	Grupo	Reino Unido	Cobertura internacional, red de colaboración europea, principalmente con alcance mundial
Caso 4: desarrollo espiritual	Fundación	EUA-LATAM	Cobertura internacional, atención a LATAM
Caso 5: cambio	Prestador(a) de servicios	España	Cobertura internacional, atención principal en países panamericanos
Caso 6: conexión	Prestador(a) de servicios	Chile	Cobertura internacional habla hispana
Caso 7: empoderamiento	Prestador(a) de servicios	Estados Unidos	Cobertura internacional, alta presencia en Estados Unidos y Reino Unido
Caso 8: transformación	Prestador(a) de servicios	Reino Unido	Cobertura internacional, red de colaboración europea principalmente con alcance mundial, sede en Reino Unido y en Estados Unidos

Resultados y discusión

El discurso social entre la audiencia está dividido; algunos tienen temor a que sus casos sean conocidos; esta es una razón por la que presentan resistencia a buscar ayuda. También les da pena ventilar temas personales en formato presencial, por lo que la modalidad virtual de sesión terapéutica en línea se ha vuelto muy popular. Por otro lado, están las personas que expresan necesitar acompañamiento y una red de apoyo o comunidad que les permita crecer y compartir. De ahí que la estructura de la oferta generalmente incluya entre sus componentes más sólidos la creación de comunidades virtuales y acceso a redes sociales, entre ellas grupos de WhatsApp —con lineamientos muy precisos para mantener el respeto y la confidencialidad—, grupos de Facebook, en particular para el segmento de mercado de este estudio, y foros de acceso por medio de sus sitios web.

Un recurso dominante en las estructuras operantes es el contenido gratuito; los oferentes recurren constantemente a este recurso para dar a conocer su enfoque, su oferta, introducir la oferta de pago y mantener presencia en medios, generando opinión pública y viralización. Las redes de adeptos se van extendiendo por recomendación y van creciendo junto con la oferta, pues los diferentes espacios de interacción también permiten sondear las necesidades del mercado. Los oferentes deben tener mucho cuidado en presentar un discurso que la audiencia perciba como placebo, es decir, algo que los deje fuera de la realidad o adormezca sus habilidades físicas, intelectuales y emocionales, o presentar discursos que la audiencia perciba como falsos, inalcanzables o remedios de rapidez increíble.

La selección de medios se realiza considerando cuatro funciones: a) para publicitar la oferta, b) para atención y servicio, c) para promover interacción, y d) para ofrecer contenido gratuito. Sobre las dominancias relativas a los medios utilizados, se identificaron patrones en su estructura operativa, principalmente el empleo de un sitio web como página principal desde donde se difunde información y se habilitan áreas de acceso público y otras restringidas mediante usuario y contraseña para los servicios de pago. No obstante, es evidente que algunos proveedores dedican más recursos al diseño visual, la experiencia de interacción y la creación de contenidos que otros, lo que refleja diferencias en las prioridades que cada oferente asigna a sus canales de comunicación. Además, se implementan conexiones entre plataformas, redes sociales y sitios web, buscando que la atracción

de posibles clientes se adapte a los hábitos de interacción digital más comunes entre los usuarios.

Para identificar patrones que se suscitan en las interacciones entre clientes, prestadores de servicios y mediadores, se toma en cuenta el modelo de semiótica agentiva propuesto por Niño (2015), un enfoque para analizar la producción de sentido basado en conceptos clave: agente (ente con capacidad de actuar), agencia (mecanismo de acción), agenda (objetivo), animación (carácter vital), situación (contexto) y atención (estructura fenoménica). En este caso, se considera como agente central al cliente real o potencial, quien experimenta el malestar emocional y toma acción en un contexto determinado, fijando su atención en la búsqueda de recursos que le ayuden a modificar esta condición (Tabla 4).

Tabla 4.
Componentes agentivos

Componente agentivo	Identificación
Agente	Cliente real o potencial
Agencia	Una vez identificada la necesidad: a. Precompra: se informa, indaga, explora alternativas, experimenta con conferencias, masterclass, cursos introductorios y congresos. b. Compra: si se logra el engagement mediante valoración de alternativas vinculadas a la emoción, compra el servicio en línea, síncrono o asíncrono, lo aborda y aplica c. Poscompra: se involucra en comunidad, seguimiento y recomendación
Agenda	Aliviar el malestar, pena o dolor emocional. Crecer en sus competencias emocionales personales o para el acompañamiento
Animación	Reconocimiento de sí mismo que le permita la regulación y mejora de sus interacciones
Situación	Contexto de salud con impacto en sus entornos de contacto: familia, pareja, trabajo, sociedad, en modo presencial o en línea
Atención	Se enfoca en búsqueda de ofertas ajustadas a sus necesidades de salud emocional, requerimientos de privacidad, presupuesto, duración, accesibilidad, pertinencia con su tiempo y compatibilidad cultural

Según Niño, el sentido se construye al vincular experiencias pasadas con el presente, discriminando un foco atencional y un fondo, en un proceso dinámico de construcción (reclutamiento de información, construal (contextualización) e integración (modalización según el impacto en la acción a nivel interpretativo)). Así, el sentido surge de redes de respuestas activas, donde la integración-construcción adhiere coherentemente

nuevas respuestas a experiencias previas, ya sea como recuerdo, imaginación o percepción.

Las pautas recurrentes permiten reconocer aquellos fenómenos sociales que poseen la capacidad de imponerse a un grupo y arraigarse en la conciencia de sus miembros (Angenot, 2010). Los discursos surgen bajo la influencia de ideas pre-existentes, valoraciones, enfoques y definiciones ajenas (Bajtín, 1978, p. 100, citado en Angenot, 2010). Desde esta perspectiva, lo que se expresa está inserto en el ámbito de una doxa: una opinión construida desde la experiencia, flexible e impersonal pero necesaria, que, aunque no garantiza verdades absolutas, se presenta como una creencia plausible.

Además, Angenot (2010) propone analizar las dominancias interdiscursivas, es decir, cómo ciertos elementos semióticos —tanto en su forma como en su contenido— adquieren preponderancia mediante la interacción entre discursos, los intereses que los respaldan y la necesidad de abordar colectivamente lo nuevo, considerando las significaciones inherentes a las prácticas y las creencias que las impulsan. A continuación, se identifican los dolores emocionales predominantes en las interacciones analizadas, los rituales de consumo recurrentes para aliviarlos, los servicios en línea que se ofrecen, los conceptos clave asociados al dolor identificado y las dominancias discursivas argumentativas en el discurso publicitario (Tabla 5).

Tabla 5.

Análisis semiótico en torno a los dolores del cliente real o potencial a nivel emocional

Nota. Los nombres de los casos se mantienen en confidencialidad, pero para reconocer su giro, se utiliza un descriptor asociado con el eje discursivo de la oferta.

Pena o dolor identificado por el consumidor	Ritual de consumo para aliviarlo	Servicio en línea ofrecido	Conceptos clave	Dominancias en el discurso publicitario o estrategia de comunicación
Ansiedad	Rituales de compra o shopping terapéutico, rituales sensoriales, rituales de confort, rituales de autocuidado, rituales digitales,	Plataformas de terapia virtual. Redes de apoyo o comunidades en línea. Aplicaciones con ejercicios y seguimiento, cursos en línea, podcast, videos, recursos de autoacceso, webinars, foros, congresos y summits en línea, encuentros virtuales, ejercicios masivos o individuales, espacios de diálogo, preguntas y respuestas, programas de apoyo, material editorial, atención personalizada en línea o telefónica, grupos de apoyo, materiales de autoayuda	Preocupación, presión	Apoyo inmediato Disponibilidad 24x7 Profesionalismo, testimonios y casos de éxito
Depresión	rituales de contacto con la naturaleza o el ambiente, rituales de adaptación, rituales de activación, rituales de reflexión, rituales asociados a la gestión del tiempo, rituales de organización del espacio físico, rituales de entretenimiento o distracción, rituales creativos		Vacío, desesperanza, desinterés, tristeza profunda, desmotivación, cansancio	Accesibilidad, efectividad, espacio seguro y anónimo, comprensión y personalización, acompañamiento
Estrés			Abrumo, falta de tiempo, desorden, nerviosismo, burnout, prisa, agotamiento	Personalización, acompañamiento grupal o individual, recursos disponibles en caso de crisis, técnicas basadas en ciencia, ayuda profesional, obtención de técnicas y herramientas autogestionables
Duelo			Muerte, ruptura, desorientación, pérdida de sentido, descompensación soledad, incompreensión	Historias reales, acompañamiento de expertos, ajustado a ritmos y tiempos, recursos, conocimiento, continuidad, reducción de efectos asociados al duelo
Baja autoestima			Autocrítica, sensación de insuficiencia, sesgo negativo, falta de valor	Bienestar integral, descubrimiento, compasión y amor propio, conductas de autocuidado, empoderamiento, grupos de apoyo, comunidades de diálogo

Continuación				
Pena o dolor identificado por el consumidor	Ritual de consumo para aliviarlo	Servicio en línea ofrecido	Conceptos clave	Dominancias en el discurso publicitario o estrategia de comunicación
Conflictos relacionales			Comunicación, desconfianza, celos, sufrimiento, desconexión, dinámicas tóxicas	Integración a la vida diaria, acceso a ejercicios, seguimiento, sesiones cortas, compatibilidad en rutinas, agendas y horarios, contenido descargable, acompañamiento
Trauma			Afección del pasado, reflejo en el presente, sentirse atrapado, falta de autocontrol, pensamientos fatalistas, miedo	Recursos de autoconocimiento y gestión emocional, comunidades de apoyo, guía personalizada
Heridas de la infancia			Inconsciencia, descontrol, falta de dominio, impacto presente, desconocimiento, persistencia	Cursos, sesiones personales, privacidad y confidencialidad, ambiente seguro, grupos de ayuda
Crisis existenciales			Duda sobre propósito, identidad, sentido, transición, inestabilidad	Apoyo inmediato, protocolos de emergencia, acompañamiento, mentoring

Además de los argumentos específicos por padecimiento, se presentan dominancias genéricas como precios competitivos o alusiones de costo-beneficio y ofertas por tiempo limitado, bundles o paquetes, plataformas seguras, privacidad, soluciones a medida, recursos gratuitos, disponibilidad inmediata, herramientas y recursos, eficacia terapéutica de los servicios en línea al nivel de servicios presenciales y flexibilidad horaria.

Respecto a los rituales de consumo de servicios profesionales en línea, éstos se manifiestan en acciones simbólicas, repetitivas y cargadas de significado para el cliente. Los rituales de consumo funcionan como estrategias de regulación emocional que ayudan a las personas a recuperar una sensación de control, calma o seguridad y se manifiestan en acciones en el mundo presencial o en línea que sirven como válvula de escape o bien como anclajes, dependiendo del caso. Las prácticas recurrentes al recibir apoyo o contratar servicios profesionales en línea se pueden convertir en rituales de consumo; por ejemplo, la asistencia regular a sesiones de grupos de ayuda o comunidades, compartir testimonios o comentar los testimonios en espacios en línea, encontrar e identificarse con personas que comparten su sensación o situación. También se pueden manifestar estos rituales al rea-

lizar actividades en momentos específicos del día, como la meditación por la mañana o ejercicios de relajación por la noche; el anclaje con elementos simbólicos, como encender una vela o incienso en determinados lugares; realizar caminatas con atención plena; o tomar alguna bebida o alimento reconfortante, escuchar música o programar playlists, lectura y arteterapia.

Los rituales de consumo se asientan como práctica simbólica frecuente porque, a juicio de quienes los realizan, les permiten generar orden y estructura en medio del caos; les permiten sentirse familiarizados gracias a la repetición y en control, generando seguridad y sensaciones placenteras. Al ser rituales, este tipo de prácticas tienen un valor simbólico más allá de su valor utilitario para quien participa del consumo; los rituales de consumo funcionan como compensación en búsqueda de balance, equilibrio, certidumbre, seguridad y bienestar emocional, con impacto en el bienestar general.

El análisis permitió identificar factores que favorecen la instauración de rituales de consumo de servicios de bienestar emocional en línea: detección de la necesidad de bienestar, hacer comunidad que se frecuente y comparte, establecer redes entre profesionales para promover servicios complementarios

y generar espacios de comunicación y promoción, como summits y congresos, generar confianza en la oferta, establecer mecanismos que favorezcan la conexión de clientes y prestadores de servicios a través del intercambio discursivo empático, conferir autoridad a los prestadores de servicios, sensación y emoción positiva antes (expectativa), durante (trato, ejecución de la oferta) y después (bienestar, paz mental, esperanza) del consumo, repetición, continuidad, seguimiento y compra de productos complementarios, como libros, cursos y aplicaciones digitales.

Al hablar de los componentes de las estructuras narrativas implicadas en los rituales de consumo de servicios de bienestar emocional en línea, es importante recordar que en el discurso coloquial el bienestar y la felicidad llegan a confundirse, a situarse como sinónimos o, al menos, elementos contiguos. La persona manifiesta su aspiración a mejorar aspectos de su vida; el oferente manifiesta la capacidad de ayudarlo y acompañarlo en el proceso; el argumento central es la experiencia, el dominio y la comprensión de la situación porque, así como la audiencia, el experto ha transitado una ruta en búsqueda del bienestar y cuenta con el expertise que quiere compartir con otros, ya sea para consumo personal o para capacitarse en la facilitación de diversas técnicas de acompañamiento.

Las principales tensiones del sistema semántico del bienestar emocional identificadas en el discurso social de los consumidores reales o potenciales por medio de sus testimonios son los que se aprecian en la Tabla 6.

Tabla 6.
Tensiones del sistema semántico

Bienestar	Malestar
Confianza	Desconfianza
Felicidad	Infelicidad
Certidumbre	Incertidumbre
Credulidad	Incredulidad
Presencialidad	Virtualidad
Mejora	Estancamiento
Persona	Sujeto social
Salud física	Salud mental
Costo	Beneficio
Dolor	Alivio

En el terreno de los rituales de consumo de bienestar en el entorno virtual, hay una apuesta por mantener relaciones duraderas entre los involucrados —agencias de mercadotecnia y publicidad,

oferentes de servicios de bienestar y consumidores en búsqueda del bienestar—. Éste es un fenómeno destacable en un mundo dinámico, cambiante y donde parece que la constante en otros campos comerciales son las relaciones efímeras, a pesar de los esfuerzos de fidelización que realizan las marcas. Y es que, en este campo, la confianza es fundamental en los discursos y acciones para que el consumidor se sienta en posibilidad de participar de un ritual de consumo que lo conduzca a la transformación de un estado inicial no deseado, a un estado de bienestar. Cuando el cliente logra el engagement con el prestador de servicios, se integra a una comunidad que le ofrece sentido de pertenencia, creciendo el sentimiento de lealtad a la marca que muchas veces desemboca en recomendación y publicidad de boca en boca en favor de la oferta.

Existe una ocupación y preocupación genuina de usuarios que buscan formas de alcanzar el bienestar, y de personas e instituciones que ofertan alternativas desde diversos enfoques que se comercializan más como servicios que como bienes. La oferta no se presenta como un producto placebo para distraer al individuo de su incomodidad, sino como procesos de crecimiento y acompañamiento para mejorar la calidad de vida. ¿Cómo contribuyen las agencias a generar rituales de consumo en torno al bienestar? Desarrollando la habilidad de comprender las necesidades profundas de los consumidores, ajustar el discurso y mediar a través del discurso y creación de contenidos que generen conexión.

También se presenta un conjunto de lenguajes y sublenguajes en torno al bienestar, en particular el emocional, que, como dice Angenot (2010, p. 82), legitiman una práctica, en este caso un ritual de consumo digital, que se acompaña de discursos sociales que se realimentan de las interacciones entre los involucrados o stakeholders, dinamizando las prácticas comerciales, sociales y personales. En este análisis se han identificado un conjunto de tensiones que se socializan, mediatizan, comparten y son sometidas a juicios semióticos que influyen en la decisión de compra, la opinión pública y la instauración de prácticas en favor o en contra del cuidado de la salud emocional. Cada experiencia de usuario permite a los oferentes e intermediarios ajustar la oferta y el discurso, y la voz viva del cliente real o potencial ofrece insumos en términos de expectativas y necesidades que se convierten en materia semántica de argumentos persuasivos.

Para Medina Rubio (1989) la relacionalidad es uno de los caracteres constitutivos de la persona pues, como individuo, es agente, actor y creador, capaz de establecer una relación con las cosas, el

mundo, la cultura y sus semejantes. La persona en situación social actúa en el encuadre de un lugar o posición que ocupa respecto a sus posibilidades sociales y la realidad social que le condiciona. Este análisis parece ofrecer vigencia a las palabras de Medina Rubio, pues aunque las prácticas de oferta de servicios en entornos virtuales se han vuelto mucho más frecuentes que en 1989, la relacionalidad, como aspecto fundamental de la esencia individual, se manifiesta en la interacción para dinamizar el encuentro entre participantes de los rituales de consumo que aceptan o descartan integrarse a partir de la conciencia de la posición que ocupa en la sociedad y la necesidad de relacionarse de manera sana y satisfactoria para favorecer su salud mental, y para ello, reconoce el valor indispensable de la salud emocional que le permita ganar balance y asertividad relacional.

Asimismo, Angenot (2010) sugiere la identificación de dominancias interdiscursivas; la dominancia de ciertos hechos semióticos en forma y contenido se produce por la interacción de los discursos, los intereses que los sostienen y la necesidad de pensar colectivamente la novedad, tomando en cuenta las significaciones inmanentes a las diversas prácticas y a las creencias que las movilizan. El fundamento para establecer una cultura del bienestar emocional como ritual de consumo radica en comprender el sistema de creencias y las normas que rigen las interacciones entre las personas en la sociedad, en este caso virtual. La adaptación, integración y autorregulación de estas normas, como parte de un sistema, son esenciales para consolidar dicha cultura, ya que facilitan la incorporación de elementos que generen cohesión y consenso, incluso ante la diversidad de perspectivas existentes que han dado lugar a variedad de oferta.

Conclusiones

En el terreno de los rituales de consumo de bienestar en el entorno virtual, hay una apuesta por mantener relaciones duraderas entre los involucrados —agencias de mercadotecnia y publicidad, oferentes de servicios de bienestar y consumidores

en búsqueda del bienestar—. Cuando el cliente logra el engagement con el prestador de servicios, se integra a una comunidad que le ofrece sentido de pertenencia, creciendo el sentimiento de lealtad a la marca que muchas veces desemboca en recomendación y publicidad de boca en boca en favor de la oferta. Por otro lado, cuando el cliente identifica disonancia con su sistema de valores culturales, hay una tendencia a descartar la oferta; por ejemplo, si el cliente profesa la religión católica de manera radical, existe una alta probabilidad de que descarte como alternativa la oferta fincada en prácticas fincadas en el budismo. Sin embargo, existe también el efecto contrario: si el discurso es capaz de despertar la curiosidad del cliente, enfatizando el valor de la práctica secular, minimizando el sentimiento de traición al sistema axiológico o la culpa. El cliente también realiza una valoración en términos de costo-beneficio que puede verse condicionada por prejuicios respecto a la relevancia o irrelevancia del cuidado de la salud emocional, y por aspectos relativos al valor contextual; por ejemplo, la moneda en que se paga el servicio y el tipo de cambio respecto a la zona geográfica desde donde se contrata.

Para dar a conocer el servicio de bienestar —oferta— se puede recurrir a agencias de mercadotecnia y publicidad especializadas en salud y bienestar, profesionales con perfiles más generales o bien, se integran al equipo de trabajo profesionales, ya sea como contrataciones o como servicios de outsourcing. En cualquiera de los casos, una ocupación importante es garantizar que la comunicación y los aspectos técnicos funcionen adecuadamente para evitar que un consumidor deserte de los programas, cursos, sesiones y actividades ofrecidas.

El desarrollo del bienestar, tanto en su definición como en su aplicación, muestra un intento continuo por entender y optimizar la calidad de vida en un contexto global cada vez más interconectado gracias a los medios digitales y la virtualidad. Al adoptar una visión más amplia e integradora, resulta esencial identificar los desafíos que surgen al medirlo y definirlo, así como fomentar la incorporación de múltiples enfoques que logren reflejar la profundidad y variedad de las experiencias humanas.

Referencias

- Alva, S. (2025, octubre 9). *El propósito del líder*. Wellbeing 360. Organizaciones con propósito. Tec. Millennium [Conferencia virtual]. <https://www.wellbeing360.tv/teaser/vod/921e0aeca33f4c61b72cf5332187268b>
- Angenot, M. (2010). *El discurso social, Los límites históricos de lo pensable y lo decible* (Social Discourse: The Historical Limits of the Thinkable and the Sayable). Siglo XXI Editores.

- Arnould, E.J., Thompson, C.J., & (2005). Consumer Culture Theory (CCT): Twenty Years of Research. *Journal of Consumer Research*, 31(4), 868–882. <https://doi.org/10.1086/426626>
- Barreto Filho, E.T., Meira, K., y Dubosselard Zimmermann, D. (2023). Mediaciones y rituales del consumo en videos con juguetes en Youtube (Mediations and rituals of consumption in videos with toys on Youtube). *Razón y palabra*, 27(117), 117–139. <https://doi.org/10.26807/rp.v27i117.2061>
- Canals, J. (2010). *Building respected companies: rethinking business leadership and the purpose of the firm*. Cambridge University Press.
- Caramés, B. y Torres, M.L. (2012). Rituales virtuales como una nueva forma de habitar el espacio público (Virtual Rituals as a New Way of Inhabiting Public Space). *Trampas de la Comunicación y la Cultura*, (71), 113-117. <https://share.google/GscJlxPQMY0VjPxy>
- Centers for Disease Control and Prevention (2026, May 19). Emotional Health. U.S. Department of Health & Human Services. <https://www.cdc.gov/mental-health/about/index.html>
- Diener, E. (2009). Subjective well-being. En: E. Diener (Ed.). *The science of well-being: The collected works of Ed Diener* (pp. 11-58). Springer. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2350-6_2
- Diener, E., & Seligman, M.E.P. (2024). Beyond money: Toward an economy of well-being. *Psychological Science in the Public Interest*, 25(1), 1-53. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2004.00501001.x>
- Dupont, L. (2004). *1001 trucos publicitarios*. Lectorum.
- Eco, U. (2005). *Tratado de semiótica general* (1001 Advertising Tricks). DeBolsillo.
- Floch, J.M. (1993). *Semiótica, marketing y comunicación. Bajo los signos, las estrategias* (Semiotics, Marketing, and Communication: Beneath the Signs, the Strategies). Paidós comunicación.
- Fontanille, J. (2001). *Semiótica del discurso* (Semiotics of Discourse). Universidad de Lima. Fondo de Cultura Económica Perú.
- Grimes, R.L., (2013). Elements of Ritual. *The Craft of Ritual Studies*. edición en línea, Oxford Academic. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195301427.003.0010>
- Hoshino, K. (1987). Semiotic marketing and product conceptualization. En: Umiker-Sebeok, J. (Comp.). *Marketing and semiotics, new directions in the study of signs for sale* (pp. 41-55). Gruttyer & Co.
- Medina Rubio, R. (1989). La educación como un proceso de personalización en una situación social. En V. García Hoz (Ed.). *Tratado de educación personalizada. El concepto de persona* [Education as a Process of Personalization in a Social Context. In Victor García Hoz (Ed.), *Treatise on Personalized Education: The Concept of the Person*] (pp. 13-40). Rialp.
- Naninni, V. (2023). Evolución de los consumos de indumentaria de moda online. Lo que la pandemia nos dejó (Evolution of online fashion apparel consumption: what the pandemic left us). *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación*, (206), 111-143. <https://doi.org/10.18682/cdc.vi206.10484>
- Niño, D. (2015). *Elementos de semiótica agentiva* (Elements of agentive semiotics). UTADEO. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2175pv1>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). Constitución de la OMS: principios (Constitution of the World Health Organization: principles). <https://www.who.int/es/about/who-we-are/constitution>
- Organización Panamericana de la Salud (s.f.). Salud Mental (Mental Health). <https://www.paho.org/es/temas/salud-mental#:~:text=La%20salud%20mental%20es%20un,la%20mejora%20de%20su%20comunidad>
- Oswald, L. (2012). *Marketing semiotics. Signs, strategies and Brand value*. Oxford University Press.
- Páramo, D. (2022). Editorial. Consumo virtual. *Pensamiento y gestión*. 53. <https://dx.doi.org/10.14482/pege.53.519.134>
- Pérez, C. (2024). Semiótica de las emociones: la centralidad del consumo en la formación de imaginarios y como fuente de emociones (Semiotics of emotions: the centrality of consumption in the formation of imaginaries and as a source of emotions). *Razón y Palabra* 28(119). 80-88. <https://doi.org/10.26807/rp.v28i119.2091>
- Seligman, M.E.P. (2011). *Flourish: A visionary new understanding of happiness and well-being*. Free Press.
- Seligman, M.E.P. (2016). *Florece. La nueva psicología positiva y la búsqueda del bienestar* (Flourish: The New Positive Psychology and the Search for Well-Being). Océano.
- Solís Zepeda, M.L. y Fontanille, J. (2012). El sosiego ritual (The Ritual Calm). *Tópicos del Seminario*. 27, 15-34. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-12002012000100002&lng=es&tlng=es
- Thompson, I. (2006). *Definición de cultura* (Definition of culture). [Promonegocios.net]. <http://www.promonegocios.net/mercadotecnia/cultura-definicion.html>
- Torres, A. (2017, mayo 12). *Eclecticismo en Psicología: 6 ventajas e inconvenientes de esta forma de intervención* (Eclecticism in Psychology: 6 Advantages and Disadvantages of This Form of Intervention). [Portal Psicología y Mente]. <https://psicologiaymente.com/clinica/eclecticismo-en-psicologia>
- Verganti, R. (2009). *Design-driven innovation, changing the rules of competition by radically innovating what things mean*. Harvard Business Press.
- Weilbacher, W.M. (1999). *El marketing de la marca. Cómo construir estrategias de marca ganadoras para obtener valor y satisfacción del cliente* (Brand marketing: How to build winning brand strategies to achieve customer value and satisfaction). Granica.

La violencia contra la mujer en entornos digitales y el marco normativo para su atención

Claudia Cecilia Flores Pérez¹; Sergio Octavio Contreras Padilla²

Resumen

Esta investigación aborda la violencia contra la mujer en entornos digitales, un fenómeno que se ha intensificado con la virtualización de la esfera pública, limitando la participación femenina y, por ende, el ejercicio de la libertad de expresión. Por ello, se analizan los mecanismos de protección existentes en México, evaluando sus alcances, eficacia y brechas. Para ello, se realizó un análisis de contenido de las directrices y políticas de uso de las principales plataformas digitales (Facebook, X, Instagram y TikTok), complementado con un estudio comparativo del marco normativo del Estado mexicano, incluyendo leyes, códigos penales y políticas públicas vinculadas a esta problemática. La investigación confronta las normativas corporativas con las disposiciones del Estado para identificar coincidencias, divergencias y áreas de oportunidad. Los hallazgos revelan una desconexión entre la regulación de las plataformas y el marco legal mexicano. Se concluye que, si bien existen marcos normativos orientados a enfrentar la violencia digital, la ausencia de una respuesta coordinada entre las empresas tecnológicas y el Estado, así como las diferencias en sus enfoques regulatorios, contribuyen a la persistencia de brechas en la protección de las mujeres. La principal aportación de este trabajo consiste en diagnosticar las deficiencias de los mecanismos de protección actuales y proponer recomendaciones orientadas al fortalecimiento de estrategias de comunicación, alfabetización digital y empoderamiento femenino para contribuir a la construcción de entornos digitales más seguros y equitativos.

Palabras clave: violencia de género, comunicación digital, mecanismos de protección, redes sociales, políticas.

Cómo citar: Flores, C., Contreras, S. (2026). La violencia contra la mujer en entornos digitales y el marco normativo para su atención. En Altamira, J., Calles, M. (Coord.). *Salud y Género: retos y aportes desde la investigación*. High Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/saludygenero7>

Violence against women in digital environments and the regulatory framework for addressing it

Abstract

This research addresses violence against women in digital environments, a phenomenon that has intensified with the virtualization of the public sphere, limiting women's participation and, consequently, the exercise of freedom of expression. Therefore, the study analyzes the protection mechanisms currently in place in Mexico, evaluating their scope, effectiveness, and existing gaps. To this end, a content analysis was conducted of the guidelines and terms of use of the main digital platforms (Facebook, X, Instagram, and TikTok), complemented by a comparative study of the Mexican State's regulatory framework, including laws, criminal codes, and public policies related to this issue. The research compares corporate regulations with State provisions in order to identify convergences, divergences, and areas for improvement. The findings reveal a disconnect between platform regulation and the Mexican legal framework. It is concluded that, although normative frameworks aimed at addressing digital violence exist, the lack of a coordinated response between technology companies and the State, as well as differences in their regulatory approaches, contribute to the persistence of gaps in the protection of women. The main contribution of this study is the diagnosis of deficiencies in current protection mechanisms and the proposal of recommendations aimed at strengthening communication strategies, digital literacy, and women's empowerment in order to contribute to the creation of safer and more equitable digital environments.

Keywords: gender violence, digital communication, protection mechanisms, social networks, public policies.

Introducción

La violencia contra la mujer es una problemática social de largo alcance que se encuentra arraigada culturalmente en la mayoría de los países del mundo y afecta a la sociedad entera, sin diferenciar edad, clase social, nivel académico o cultural. Este fenómeno se manifiesta tanto de manera directa como indirecta a través de agresiones, amenazas y discriminación (Mejía Tadeo, 2025). Aparece en cualquier espacio, sea público o privado, físico o virtual (Flores Pérez & Salado Jiménez, 2022), y aunque pareciera que es atemporal y no geográfico, la realidad es que se trata de un flagelo que puede adoptar diferentes modos y bajo un tiempo y una geografía específicos, hasta llevarla a su manifestación más extrema, como lo es el feminicidio (Marmanillo Manga *et al.*, 2025).

En este sentido, y para documentar dicho fenómeno, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) presenta los resultados de la Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (ENDIREH), que dan cuenta de la violencia que viven las mujeres de 15 años y más en México: el 70.1 % de las encuestadas dijo

haber vivido al menos un incidente de violencia emocional, económica, física, sexual o discriminación a lo largo de su vida en al menos un ámbito. Setenta de cada 100 mujeres confirmaron haber experimentado algún acto de violencia de cualquier tipo, la cual fue ejercida por diferentes agresores: ya sea la pareja, el esposo o novio, algún familiar, compañero de escuela o del trabajo, alguna autoridad escolar o laboral o bien, por amigos, vecinos o personas conocidas o extrañas (INEGI, 2021).

Aunado a ello, con la llegada de la llamada sociedad de la información y el conocimiento, la vida se ha transformado en todo sentido y en todos los ámbitos por las TIC (Cáceres *et al.*, 2016, citados en Holguín Corral & Castillo Quiñonez, 2020).

En particular, destaca la relevancia que para las relaciones sociales tiene ya la interacción “en línea”, “online”, “ciber” o “virtual”, la que ocurre en el espacio virtual o ciberespacio, más conocido como internet o la web. Este nuevo tipo de interacción social es observable de forma diáfana en las plataformas para redes sociales o de redes

sociodigitales (Facebook, Twitter, Instagram, TikTok, entre otras). A la esfera de interacción virtual se ha trasladado también el ejercicio de violencia en sus diferentes connotaciones, como la de género, que afecta principalmente a las mujeres (Holguín Corral & Castillo Quiñonez, 2020).

En este contexto, las cifras presentadas por el INEGI como resultado del módulo sobre ciberracoso (MOCIBA), alusivas al año 2024, resultan alarmantes: en México, el 22.0 % de las mujeres que usaron internet fueron víctimas de ciberracoso; el grupo de edad mayormente ciberracosado fue el de 20 a 29 años, seguido del de 12 a 19 y del de 30 a 39, ocupando el segundo y tercer lugar, respectivamente. Asimismo, el 43 % del total de las encuestadas fueron amenazadas con publicar información personal, audios o videos para extorsionar; el 31.0 % recibió contenido sexual y el 30.8 %, insinuaciones o propuestas sexuales.

También, en menor medida, recibieron mensajes y llamadas ofensivas, críticas por apariencia o clase social, provocaciones para reaccionar de forma negativa, amenazas con publicar o vender imágenes o videos de contenido sexual, suplantación de identidad y rastreos de cuentas o sitios web (INEGI, 2025). Es decir, las formas de violentar a la mujer se han diversificado sobremanera con la masificación de las redes sociales digitales.

Además, el 43.6 % padeció acoso mediante Facebook: casi la mitad de las agresiones ocurrieron en esta red social, lo que la coloca como “la preferida” para perpetrar este delito. En segundo lugar, se ubicó WhatsApp con un 40.3 %, y a partir de ahí comienza a fragmentarse en menor escala y por orden de aparición, en llamadas al celular, Messenger, Instagram, MSM y, en un porcentaje muy reducido, en TikTok, X, Telegram y correo electrónico, tanto institucional como personal (INEGI, 2025).

Ante esta realidad que lastima, las investigadoras y activistas Aimeé Vega Montiel junto con Daniela Esquivel y Carolina Pacheco en el año 2022 confirmaron que, con el avance de la tecnología, la violencia contra la mujer ha escalado a otras latitudes, traducándose en “la perpetración de distintos actos de violencia a través de medios digitales como redes sociales, mensajería móvil, correo electrónico, páginas web, blogs, sitios de citas, chats y secciones de comentarios en medios de comunicación, entre otros” (p. 158).

De igual manera, enfatizan que este no es un nuevo tipo de violencia contra la mujer, sino un nuevo escenario donde las violencias contra las mujeres son perpetradas, porque la violencia en línea es un continuo de la violencia en la vida co-

tidiana, de ahí su denominación como modalidad y no como tipo de violencia contra las mujeres, entendiendo las modalidades como los escenarios sociales en los cuales se les victimiza (Vega Montiel *et al.*, 2022).

Tanto la violencia digital como la que es perpetrada fuera de línea se alimentan mutuamente, porque el elemento diferencial que añade la tecnología es el carácter viral de la distribución, pues una vez que un contenido es publicado en la red, su difusión puede alcanzar en segundos a millones de personas usuarias (Vega Montiel *et al.*, 2022).

Por ello, las autoras sostienen que el problema de la violencia digital es de larga data, pero que su reconocimiento y alternativas de solución han sido lentas, ya que apenas en el 2015 la Comisión de Banda Ancha de la ONU publicó el primer informe sobre ciberviolencia contra las mujeres y las niñas, y ya desde entonces se identificaban el hackeo, la suplantación, la vigilancia, el hostigamiento, el reclutamiento y la distribución maliciosa como formas de violencia digital que habían afectado a un 75 % de usuarias de Internet, pero que, sin embargo, no fue sino hasta el 2018 cuando el Parlamento Europeo ofreció una tipología más específica para reconocer por lo menos 16 tipos de violencia digital contra las mujeres (Vega Montiel *et al.*, 2022). Es decir, el avance en la construcción de mecanismos de protección ha sido lento y atropellado, mientras que la tecnología —y, por consiguiente, la violencia contra la mujer— avanza a pasos agigantados.

En esta tesitura, Charu Aggarwal (2015) destaca que, si bien la violencia digital no es la expresión de violencia más extrema y letal, el espacio digital reproduce la violencia contra la mujer en otras expresiones más simbólicas, como el habla y el discurso, manteniendo y fomentando los cimientos estructurales de la violencia, cuyas consecuencias han llevado al suicidio de las víctimas. Este tipo de violencia es, en el fondo, una extensión de las violencias tradicionales cometidas en espacios físicos (Salgado Espinosa & Salgado Espinosa, 2022), las cuales, en gran medida, se presentan en contextos donde los marcos legales no están actualizados, por lo que refuerzan las brechas de género y exclusión (Ventura Ramos *et al.*, 2025).

Cabe señalar que cuando se habla de violencia simbólica (Dávila *et al.*, 2020), no se está minimizando el papel de la violencia física ni sus implicaciones en la vida de las mujeres; mucho menos se pretende excusar a los agresores ni naturalizar la violencia estructural y las relaciones de poder, pues, como lo señala Louise Richardson-Self en su artículo *Woman-Hating: On Misogyny, Sexism,*

and Hate Speech (2018), “el discurso misógino debe ser tratado como un tipo específico de discurso de odio” (p. 47).

Por lo tanto, el discurso de odio suele ser totalmente hostil y tiene como finalidad silenciar, difamar, menospreciar, humillar, intimidar, incitar a la violencia, discriminar, vilipendiar, degradar, perseguir y amenazar. Estas expresiones también amplifican escenarios de violencia mediante el acoso, la estigmatización y el hostigamiento (Rangel Romero *et al.*, 2025). Así, el discurso de odio se entiende como una conducta expresiva que no se dirige a individuos, sino a rasgos grupales —reales o imaginarios—, tales como raza, religión, orientación sexual, discapacidad, condición e identidad de género. El discurso de odio expresa hostilidad hacia y sobre grupos oprimidos histórica y contemporáneamente. Este discurso constituye un acto opresor, por lo que no es casualidad que escoja a un grupo oprimido, minoritario y vulnerable, sino que promulga, refuerza y perpetúa la opresión (Richardson-Self, 2018).

Desde esta perspectiva, resulta fundamental señalar con puntualidad los daños y consecuencias que la violencia digital acarrea a sus víctimas. Al respecto, el INEGI (2025) confirma que el 61.1 % de las mujeres agredidas sintió enojo; el 39.7 %, desconfianza; y el 32.3 %, estrés. Al 33.5 % de las víctimas les produjo inseguridad; al 27.3 %, frustración; al 34.5 %, miedo; y al 22 %, nervios. Asimismo, el 9.2 % de las agredidas señala haber tenido problemas con su familia, novio o amigas como consecuencia de este delito. De igual manera, el 2.7 % sufrió daño en su imagen profesional y laboral; el 3.7 %, en su imagen personal; y el 1.7 %, en su imagen escolar (bullying). También, el 1.6 % tuvo pérdidas de dinero y el 1.4 % perdió su trabajo.

En este punto, es importante mencionar que las cifras descritas en el párrafo anterior han mantenido un incremento sostenido desde que comenzó a medirse dicho fenómeno en México y que tan solo el 13.2 % de las víctimas se atreve a denunciarlo ante el Ministerio Público, la Fiscalía Estatal o el proveedor del servicio o de la red social (INEGI, 2025). Por ello, los perpetradores gozan de una amplia impunidad, lo que da lugar a la siguiente pregunta de investigación: ¿de qué manera el Estado mexicano y las plataformas de redes sociales hacen frente a la violencia digital contra la mujer y cuáles son sus puntos de coincidencia y divergencia?

Es consabido que, como producto del esfuerzo de colectivas feministas y no de los gobiernos en turno, el Estado mexicano ha implementado reformas legales para tipificar la violencia digital

como un delito a través de la llamada “Ley Olimpia”, pionera en Latinoamérica y adoptada hoy día en otros países. Esta novedosa construcción jurídica reconoce la violencia digital como una problemática de derechos humanos (García-Feregrino & Dávila Fisman, 2022). Dicha reforma alude a un grupo de modificaciones a disposiciones legales que condenan la violencia digital como un delito de orden federal para castigar a las personas que amenazan, difundan, publiquen o almacenen material íntimo sexual sin consentimiento.

En este contexto, diversos estudios coinciden en señalar que, aunque en México existe un andamiaje legal en materia de violencia contra las mujeres, siguen registrándose brechas en el acceso a la justicia, carencias en la atención integral e insuficientes mecanismos de protección (Vargas Vásquez & Medina Rosas, 2024). Además, la existencia de leyes orientadas a prevenir estas formas de violencia no se traduce necesariamente en una disminución de los casos; es decir, los códigos penales, por sí solos, no producen una reducción representativa de este fenómeno (Saccomano, 2024). El problema se vuelve más complejo debido a la insuficiente aplicación práctica de los marcos normativos y a las lagunas legales que dificultan su efectividad (Namay-Anticona *et al.*, 2025).

Asimismo, resulta importante mencionar que en México no existe una “Ley Olimpia” como tal, sino que este instrumento jurídico se concreta en diversas reformas a la Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia (LGAMVLV, 2007) y al Código Penal Federal (CPF, 1931), denominadas así en honor a la incansable lucha de su precursora, la activista Olimpia Coral Melo.

Así, en el caso de la Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia (2007), se dedica el Capítulo IV Ter, “De la violencia digital y mediática” (adicionado el 1 de junio de 2021, DOF), que en su artículo 20 quáter establece que se entenderá como violencia digital:

[...] toda acción dolosa realizada mediante el uso de tecnologías de la información y la comunicación, por la que se exponga, distribuya, difunda, exhiba, transmita, comercialice, oferte, intercambie o comparta imágenes, audios o videos reales o simulados de contenido íntimo sexual de una persona sin su consentimiento, sin su aprobación o sin su autorización y que le cause daño psicológico, emocional, en cualquier ámbito de su vida privada o en su imagen propia (p. 12).

Se aclara en el segundo párrafo del mismo artículo que también se incluyen: “[...] aquellos actos dolosos

que causen daño a la intimidad, privacidad y/o dignidad de las mujeres, que se cometan por medio de las tecnologías de la información y la comunicación” (p. 12). De igual manera, en términos de lo que debe entenderse por tecnologías de la información y la comunicación, el párrafo tercero del mismo artículo determina que son: “[...] aquellos recursos, herramientas y programas que se utilizan para procesar, administrar y compartir la información mediante diversos soportes tecnológicos” (p. 12).

Además, aclara que: “La violencia digital será sancionada en la forma y términos que establezca el Código Penal Federal” (p. 12). Por su parte, la violencia mediática, de acuerdo con el artículo 20 quinquies, hace alusión:

A todo acto a través de cualquier medio de comunicación, que de manera directa o indirecta promueva estereotipos sexistas, haga apología de la violencia contra las mujeres y las niñas, produzca o permita la producción y difusión de discurso de odio sexista, discriminación de género o desigualdad entre mujeres y hombres, que cause daño a las mujeres y niñas de tipo psicológico, sexual, físico, económico, patrimonial o feminicida (Ley General de Acceso de la Mujeres a una Vida Libre de Violencia, 2007, p. 12).

En su segundo párrafo, el mismo artículo menciona que:

La violencia mediática se ejerce por cualquier persona física o moral que utilice un medio de comunicación para producir y difundir contenidos que atentan contra la autoestima, salud, integridad, libertad y seguridad de las mujeres y niñas, que impide su desarrollo y que atenta contra la igualdad (p. 12).

Más adelante, en el artículo 20 sexies, se establece que, cuando se trate de violencia digital o mediática, para garantizar la integridad de la víctima, la o el Ministerio Público, la jueza o el juez ordenarán de manera inmediata:

Las medidas de protección necesarias, ordenando vía electrónica o mediante escrito a las empresas de plataformas digitales, de medios de comunicación, redes sociales o páginas electrónicas, personas físicas o morales, la interrupción, bloqueo, destrucción, o eliminación de imágenes, audios o videos relacionados con la investigación, previa satisfacción de los requisitos de Ley (p. 13).

También se especifica en el párrafo tercero

del mismo artículo 20 sexies que la autoridad que ordene las medidas de protección contempladas en dicho artículo: “[...] deberá solicitar el resguardo y conservación lícita e idónea del contenido que se denunció de acuerdo a las características del mismo” (p. 13).

Por su parte, las disposiciones contenidas en el Código Penal Federal (CPF, 1931) se concretan en el Título Séptimo Bis, “Delitos contra la indemnidad de privacidad de la información sexual”, Capítulo I, “Comunicación de contenido sexual con personas menores de dieciocho años de edad o de personas que no tienen capacidad para comprender el significado del hecho o de personas que no tienen la capacidad para resistirlo”, que en su artículo 199 septies determina que:

Se impondrán de cuatro a ocho años de prisión y multa de cuatrocientos a mil días, a quien, haciendo uso de medios de radiodifusión, telecomunicaciones, informáticos o cualquier otro medio de transmisión de datos, contacte a una persona menor de dieciocho años de edad, a quien no tenga capacidad de comprender el significado del hecho o a persona que no tenga capacidad para resistirlo y le requiera imágenes, audio o video de actividades sexuales explícitas, actos de connotación sexual, o le solicite un encuentro sexual (Código Penal Federal, 1931, p. 61).

Por lo que respecta al delito de violación a la intimidad sexual, el artículo 199 octies establece que lo comete: “[...] aquella persona que divulgue, comparta, distribuya o publique imágenes, videos o audios de contenido íntimo sexual de una persona que tenga la mayoría de edad, sin su consentimiento, su aprobación o su autorización” (p. 61). Y agrega, en su segundo párrafo, que también comete este delito “[...] quien videografe, audiografe, fotografíe, imprima o elabore imágenes, audios o videos con contenido íntimo sexual de una persona sin su consentimiento, sin su aprobación o sin su autorización” (p. 61). Se menciona que estas conductas habrán de sancionarse “[...] con una pena de tres a seis años de prisión y una multa de quinientas a mil unidades de medida y actualización” (p. 61).

Posteriormente, en el artículo 199 nonies del mismo CPF, se determina la imposición de las sanciones previstas en el artículo anterior (artículo 199 octies) “[...] cuando las imágenes, videos o audios de contenido íntimo sexual que se divulguen, compartan, distribuyan o publiquen no correspondan con la persona que es señalada o identificada en los mismos” (p. 61).

Finalmente, las penas máximas y mínimas serán aumentadas hasta en una mitad cuando:

I. Cuando el delito sea cometido por el cónyuge, concubinario o concubina, o por cualquier persona con la que la víctima tenga o haya tenido una relación sentimental, afectiva o de confianza; II. Cuando el delito sea cometido por un servidor público en ejercicio de sus funciones; III. Cuando se cometa contra una persona que no pueda comprender el significado del hecho o no tenga la capacidad para resistirlo; IV. Cuando se obtenga algún tipo de beneficio no lucrativo; V. Cuando se haga con fines lucrativos, o VI. Cuando a consecuencia de los efectos o impactos del delito, la víctima atente contra su integridad o contra su propia vida (Código Penal Federal, 1931, p. 61).

De esta manera, en el mismo contexto regulatorio —aunque en menor medida y de forma general—, existe la normatividad de cada una de las redes sociales para su uso ético, así como políticas empresariales cuya finalidad consiste en regular y propiciar la participación de las personas en los entornos digitales (Büttner & Tessis Rodrigues, 2024). Ambas serán analizadas de manera comparativa con la legislación mexicana, en la búsqueda de encuentros y desencuentros, coincidencias y divergencias para una convivencia civilizada, pacífica y asertiva de las mujeres en el espacio digital.

Objetivo

El propósito consistió en analizar la manera en que el Estado mexicano y las plataformas de las redes sociales hacen frente a la violencia digital contra la mujer para determinar sus puntos de coincidencia y divergencia.

Metodología

El trabajo se llevó a cabo desde un enfoque cualitativo, mediante el cual se realizó un análisis de códigos, leyes, reglas y políticas comunitarias implementadas por empresas propietarias de plataformas de redes sociales y por el Estado mexicano para prevenir, combatir y sancionar la violencia mediática y digital. Este enfoque metodológico permite caracterizar y comparar los marcos regulatorios que establecen obligaciones, prohibiciones y mecanismos de actuación en espacios comunicativos digitales, con énfasis en la protección de los derechos de las mujeres frente a este tipo de violencia.

En este sentido, diversos autores sostienen que el análisis de normas, leyes y políticas permite identificar los criterios institucionales mediante los cuales distintos actores regulan las conductas de las personas usuarias y definen responsabilidades en los entornos digitales. Estos marcos regulatorios reflejan concepciones diferenciadas sobre la prevención, sanción y reparación de la violencia mediática y digital, lo que hace posible comparar sus alcances, coincidencias y contradicciones.

Por tal motivo, se optó por un análisis de contenido cualitativo de carácter documental, orientado a la identificación y sistematización de conceptos normativos, utilizando normas, leyes y políticas comunitarias como fuentes primarias de información (Flick, 2015). Mediante el uso de herramientas de codificación y categorización (Strauss & Corbin, 2002), esta estrategia metodológica permitió identificar recurrencias, similitudes y diferencias entre las políticas comunitarias de las plataformas digitales y la legislación mexicana.

Análisis de contenido

Para elaborar el presente estudio, se utilizó la técnica de análisis de contenido, dado que se trata de una metodología ampliamente empleada en el campo de las ciencias sociales para generar categorías e interpretar textos. Según Klaus Krippendorff (1990), “es una técnica de investigación cualitativa, destinada a formular, a partir de ciertos datos, inferencias reproducibles y válidas que puedan aplicarse a su contexto” (p. 28). Esta metodología se aplicó al análisis de disposiciones legales con la finalidad de examinar los mecanismos normativos vinculados a la prevención y sanción de la violencia mediática y digital.

El análisis de contenido se realizó a partir de un enfoque deductivo, tomando como base categorías analíticas definidas previamente y complementándolas con un proceso interpretativo que permitió ajustar la codificación durante la revisión del corpus normativo (Mayring, 2000; 2014). A través de este proceso se definieron unidades y reglas de análisis, se elaboraron códigos, se delimitaron categorías y se realizó una síntesis comparativa de los resultados.

En el caso de la codificación, esta se realizó a partir de recomendaciones internacionales, como las formuladas por la Alianza del Pacífico para la creación de marcos normativos con enfoque de género en los países miembros. En consecuencia, se contempla el análisis de los textos a partir de cinco categorías de análisis:

a. Medidas preventivas

- b. Medidas coercitivas
- c. Medidas de reparación
- d. Medidas de atención y apoyo
- e. Medidas con enfoque de género

Las categorías fueron analizadas en función de su diseño normativo y de los procedimientos formales de actuación establecidos en las leyes, códigos y políticas comunitarias, considerando su alcance, funcionalidad y ámbito de aplicación dentro de los marcos regulatorios estudiados.

El objeto de estudio empírico de la presente investigación estuvo conformado por las siguientes fuentes de información:

1. Empresas de redes sociales digitales: políticas o normas comunitarias de Facebook, X, Instagram y TikTok, cuyo núcleo fue la violencia mediática y digital.
2. Marco normativo de México referente a violencia mediática y digital:
 - a. Ley general en materia de violencia contra las mujeres
 - b. Código Penal Federal.

Resultados y discusión

En este apartado se presentan los principales hallazgos de la presente investigación. Para ello, primero se identificaron los principios, normas y políticas internas de las empresas propietarias de plataformas de redes sociales digitales que atienden la violencia mediática y digital.

A través del análisis de contenido se definieron unidades de análisis, códigos y categorías para elaborar una síntesis final. Con base en recomendaciones internacionales, se establecieron cinco categorías de análisis: preventivas, coercitivas, de reparación, de atención y apoyo, y de género. Estas categorías se examinaron de acuerdo con su diseño normativo, considerando su funcionalidad, alcance y ámbito de aplicación.

Lo anterior permitió comparar los lineamientos de las plataformas digitales con los marcos normativos vigentes en el Estado mexicano. La finalidad fue identificar coincidencias y contradicciones entre ambos marcos regulatorios.

Delimitación del corpus normativo analizado

En esta investigación, el análisis se aplicó a un corpus normativo previamente delimitado, integrado por normas comunitarias, reglas y políticas internas de plataformas de redes sociales (Facebook, Instagram, X y TikTok), así como por dis-

posiciones legales vigentes del Estado mexicano. Cabe aclarar que, en el caso de Facebook e Instagram, ambas plataformas, al pertenecer a Meta, se rigen por los mismos lineamientos.

Este conjunto documental constituyó la base empírica para la construcción de los códigos y categorías utilizados en el estudio, cuyos resultados se presentan en los apartados siguientes. A continuación, se muestran los 20 instrumentos de regulación empresarial identificados para su examen comparativo:

- I. Nueve normas comunitarias de Meta (Facebook e Instagram): violencia e incitación; explotación sexual de adultos; bullying y acoso; trata de personas; desnudos y actividades sexuales de adultos; servicios sexuales para adultos y lenguaje sexual explícito; conductas de odio; infracciones relativas a la privacidad, y contenido gráfico y violento.
- II. Siete reglas y políticas de X: política relativa a las entidades violentas o de incitación al odio; comportamiento que incita al odio; política sobre la información privada y el contenido multimedia; información de perfil abusivo; contenido para adultos; abuso y acoso, y política relativa a la desnudez no consensuada.
- III. Cuatro normas comunitarias de TikTok: seguridad y bienestar de los jóvenes; seguridad y civismo; temas delicados y para adultos, y privacidad y seguridad.

Como puede observarse en el listado anterior, las empresas tecnológicas utilizan conceptos como “reglas”, “políticas” y “normas comunitarias” para definir sus mecanismos de regulación interna.

Por lo que respecta al Estado mexicano, se recopilaron los instrumentos jurídicos federales vigentes que regulan la violencia mediática y digital. En particular, se consideró la Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia, reformada en 2021 mediante la denominada “Ley Olimpia”, como se señaló previamente. Asimismo, se incorporó el Código Penal Federal, debido a que contiene disposiciones coercitivas relacionadas, de manera directa e indirecta, con la violencia mediática y digital.

En consecuencia, el cuerpo normativo mexicano seleccionado para este estudio estuvo integrado por los siguientes instrumentos:

- Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia (2007).
- Código Penal Federal (1931).

Unidades de análisis, reglas y códigos

Para el análisis de contenido se diseñó el siguiente sistema de tablas (tablas 1 a 4), orientado a sistematizar y comparar los mecanismos normativos mediante los cuales las plataformas de redes

sociales y el marco jurídico vigente en México regulan la violencia mediática y digital. A continuación, se presentan las unidades de análisis, reglas y códigos obtenidos a partir de la revisión documental de ambos corpus normativos.

Tabla 1.
Unidades de análisis

Elemento	Empresas de comunicación digital	Marco normativo mexicano
Unidad de análisis	Prohibición específica, párrafo normativo, o procedimiento explícito; frase o párrafo que establece una conducta prohibida, un mecanismo de seguridad o un requisito de denuncia.	Artículo, fracción o inciso legal: es la unidad formal donde reside la obligación, el derecho o la tipificación del delito.

Tabla 2.
Reglas de análisis

Regla	Empresas de comunicación digital	Marco normativo mexicano
Regla de codificación	Codificación inferida: conectar el lenguaje establecido por las plataformas con la definición legal de violencia digital/mediática en México, dado que las empresas no utilizan estos términos en sus políticas y normas comunitarias.	Codificación explícita: se asignan códigos que reflejan directamente los términos legales definidos, ya que la ley es su propia fuente de definición.
Propósito	Determinar la regulación de facto de la violencia digital/mediática en las políticas o normas de las empresas.	Determinar lo que se enmarca en lo legal sobre la violencia digital/mediática aplicable en el territorio mexicano.

Tabla 3.
Códigos de políticas y normas comunitarias de plataformas

Categoría transversal	Código inferido Meta (Facebook/Instagram)	"Código inferido X"	"Código inferido TikTok"
1. Medidas preventivas	META_PREV_ADVERTENCIA_SENSIBLE	X_PREV_RESTRICCION_EDAD	TIKTOK_PREV_SEGURIDAD_DEFAULT
2. Medidas coercitivas	META_PREV_RECONOCIMIENTO_AI	X_PREV_ETIQUETA_DELICADO	TIKTOK_PREV_FILTRO_EDAD
	META_COER_IPNC	X_COER_IPNC	TIKTOK_COER_ABUSO_IMAGEN_IPNC
	META_COER_DOXING	X_COER_DOXING_EXTORSION	TIKTOK_COER_DOXING_PSI-COLOGICO
	META_COER_ATAQUE_GENERO	X_COER_DISCURSO_ODIO	TIKTOK_COER_EXTORSION_SEX
	META_COER_HOSTIGAMIENTO	X_COER_CIBERACOSO	TIKTOK_COER_DISCURSO_ODIO TIKTOK_COER_VIOLENCIA_EXPLICITA
3. Medidas de reparación	META_REPARA_ELIMINACION	X_REPARA_ELIMINA_CUENTA	TIKTOK_REPARA_NCMEC_AUTORIDADES
	META_REPARA_APELACION	X_REPARA_REDUCE_VISIBILIDAD	TIKTOK_REPARA_BLOQUEO_CUENTA TIKTOK_REPARA_DAÑO_PSI-COLOGICO

CONTINUACIÓN			
Categoría transversal	Código inferido Meta (Facebook/Instagram)	"Código inferido X"	"Código inferido TikTok"
4. Medidas de atención y apoyo	META_APOYO_AUTORIDADES	X_APOYO_DENUNCIA_PRIME-RA_PERS	TIKTOK_APOYO_PRIVACIDAD_INFORMANOS
	META_APOYO_RECURSOS_EXTER-NOS	X_APOYO_DENUNCIA_TERCEROS	TIKTOK_APOYO_HERRA-MIENTAS_RESTRICT
5. Medidas con enfoque de género	META_GENERO_PROTECCION_AMPLIA	X_GENERO_CATEGORIAS_PROT	TIKTOK_GENERO_CATEGORIAS_PROT
	META_GENERO_MISOGINIA	X_GENERO_RESPONDE_LE-YES_LOC	TIKTOK_GENERO_SENSIBILIDAD_CULT

Tabla 4.
Códigos del marco normativo mexicano

Categoría transversal	Código explícito	Alcance de la legislación
1. Medidas preventivas	MEX_PREV_SENSIBILIZA	Obligación en Leyes de crear programas, protocolos o políticas de prevención y educación contra la violencia
2. Medidas coercitivas	MEX_COER_TIPIFICACION_DIGITAL	Tipificación en Códigos Penales del delito de violación a la intimidad sexual, incluyendo difusión de contenido íntimo, deepfakes y ciberacoso.
	MEX_COER_TIPIFICACION_MEDIATICA	Tipificación de la violencia mediática, sancionando la difusión de mensajes que promuevan estereotipos sexistas, denigren o discriminen a las mujeres.
	MEX_COER_AGRAVANTE_ESTATAL	Agravantes penales específicos que aumentan la sanción (por ejemplo, si es cometido por la pareja).
3. Medidas de reparación	MEX_REPARA_BLOQUEO_INMEDIATO	Códigos Penales validan el retiro inmediato, bloqueo o eliminación de contenido difundido sin consentimiento.
	MEX_REPARA_DAÑO_PSICOLOGICO	Reconocimiento de la reparación del daño moral, psicológico o económico de la víctima como parte del proceso legal.
4. Medidas de atención y apoyo	MEX_APOYO_JUEZ_ORDENA	Facultad del Juez para emitir órdenes de protección y medidas urgentes a favor de la víctima.
	MEX_APOYO_RECURSOS_ESTATAL	Obligación de crear o designar instancias de apoyo, atención o refugios especializados para las víctimas a nivel estatal.
5. Medidas de enfoque de género	MEX_GENERO_PROTECCION_AMPLIA	La Ley protege contra la violencia cometida en un contexto de género, por discriminación o debido a la identidad/orientación sexual de la víctima.
	MEX_GENERO_PERSONA_MORAL	Responsabilidad penal o administrativa para las personas morales o empresas de medios que difundan el contenido.

Resultados

A continuación, se presentan mediante las cinco categorías transversales, los principales hallazgos de la investigación, derivados del análisis de contraste entre las políticas y normas comunitarias de las compañías de comunicación digital y las leyes y códigos penales mexicanos.

1. Medidas preventivas

Discrepancia entre la prevención activa y la pasiva en la violencia digital

El análisis comparativo reveló una brecha entre las medidas preventivas contra la violencia digital.

Por un lado, el marco normativo mexicano establece una obligación explícita de prevención activa (MEX_PREV_SENSIBILIZA), centrada en la sensibilización, educación y programas de concientización; por el otro lado, las políticas y normas comunitarias de las plataformas (Meta, X, y TikTok) priorizan un enfoque de prevención pasiva y tecnológica.

Esta prevención pasiva es visible en mecanismos de filtrado automatizado (META_PREV_RECONOCIMIENTO_AI), restricciones de edad (TIKTOK_PREV_FILTRO_EDAD) y ajustes de privacidad por defecto, diseñados para limitar la exposición al daño sin abordar la raíz del com-

portamiento que lo ocasiona. La medida corporativa sobre riesgos contrasta con el marco legal mexicano, el cual fomenta un cambio cultural y educativo, lo que permite observar que las compañías de comunicación digital no incorporan programas de prevención activa sobre la violencia contra las mujeres, dejando al Estado la responsabilidad de la educación cívica digital y la formación ciudadana.

2. Medidas coercitivas

Divergencia en tipificación de violencia digital y la contradicción en violencia mediática

El estudio de contraste sobre las “Medidas coercitivas” reveló una divergencia en la tipificación de la violencia digital: una alineación sólida en la esfera penal directa y una contradicción crítica en la esfera de comunicación digital. Por un lado, existe una concordancia funcional en la prohibición de lo que se conceptualiza como “violación a la intimidad sexual”, en donde las políticas de Meta, X y TikTok prohíben explícitamente el contenido íntimo no consensuado, logrando una cobertura de los principales contenidos contemplados en México a través de las reformas de la “Ley Olimpia”. De hecho, esta cobertura es incluso superada por la industria, como lo demuestra el código `TIKTOK_COER_ABUSO_IMAGEN_IPNC`, que tipifica de manera proactiva el abuso sexual basado en imágenes generadas por IA (deepfakes), anticipándose a las complejidades tecnológicas que aún no considera la legislación mexicana.

Sin embargo, la contradicción crítica reside en el tratamiento de la violencia mediática (`MEX_COER_TIPIFICACION_MEDIATICA`): mientras el marco legal mexicano establece una tipificación amplia que obliga a sancionar la promoción de estereotipos, la denigración y la violencia simbólica, las plataformas restringen sus políticas de forma casi exclusiva al discurso de odio extremo. Esta diferencia abre una zona de inmunidad corporativa para el contenido que, si bien es legalmente tipificado como violencia mediática en México, es protegido por las empresas bajo el paraguas de la “crítica de ideas” o de la libertad de expresión.

También se descubrió que TikTok es la única plataforma que vincula la práctica de recopilar y publicar información personal y privada (doxing) con el daño psicológico (`TIKTOK_COER_DOXING_PSICOLOGICO`), armonizando la acción corporativa con el concepto de daño moral y afectación psicológica incluido en la legislación mexicana. Existe una coincidencia en la tipificación del acoso y del doxing en todas las plataformas, aunque X es la única que tipifica explícitamente el componente

de extorsión (`X_COER_DOXING_EXTORSION`).

3. Medidas de reparación

Discrepancia entre la ejecución legal y la modulación corporativa de la reparación

En relación con las “Medidas de reparación”, se descubrió una discrepancia estructural en las formas de actuación, lo cual demuestra la tensión entre la ejecución inmediata ordenada por el Estado y la modulación corporativa del contenido. El marco legal mexicano exige el retiro inmediato del contenido (`MEX_REPARA_BLOQUEO_INMEDIATO`) por orden de las autoridades (juez o Ministerio Público), situando la celeridad y la eliminación como el estándar de reparación. En marcado contraste, las políticas de las plataformas priorizan inicialmente una reparación suave, como, por ejemplo, el código `X_REPARA_REDUCE_VISIBILIDAD`, donde la sanción por defecto consiste en reducir la visibilidad del contenido (restricción en búsquedas) en lugar de proceder a su eliminación definitiva. Esta predilección por la modulación algorítmica sobre la supresión legal abre una brecha que obstaculiza la ejecución de las órdenes de protección previstas en el entramado judicial.

No obstante, la plataforma TikTok logra una mayor armonía con la ley mexicana al ser la única empresa que conecta directamente su acción de retiro con el mandato legal de reparación del daño, estableciendo que la eliminación de contenido se aplica específicamente cuando existe riesgo de daño psicológico o angustia emocional (`TIKTOK_REPARA_DANÑO_PSICOLOGICO`), reforzando el concepto de reparación integral previsto en el marco normativo mexicano, aunque para ello la red social solicita a las personas denunciantes contexto adicional para actuar.

4. Medidas de atención y apoyo

Contradicción entre la acción del Estado mexicano y la dependencia de la autodenuncia

En el análisis sobre las “Medidas de atención y apoyo”, se encontró una contradicción en el principio de acción, donde la potestad del Estado mexicano choca con el protocolo corporativo. El marco legal mexicano confiere a la autoridad (Ministerio Público o juez) la facultad de actuar de oficio o mediante la emisión de órdenes de protección (`MEX_APOYO_MP_JUEZ_ORDENA`), priorizando la protección urgente de la víctima. Por el contrario, las políticas de las plataformas imponen una alta dependencia de la autodenuncia de la víctima (`X_APOYO_DENUNCIA_PRIMERA_PERS`), especialmente en casos de violación a la intimidad sexual. Esta dependencia obstaculiza la ejecución

efectiva de las órdenes del Estado, ya que el sistema corporativo requiere una validación directa de la persona afectada antes de tomar medidas coercitivas.

En cuanto a la provisión de recursos para víctimas de la violencia, existe una coincidencia parcial en la función de canalización de apoyo (META_APOYO_RECURSOS_EXTERNOS y TIKTOK_REPARA_RECURSOS_APOYO), mediante la cual las plataformas cumplen con el mandato mexicano de conectar a las víctimas con servicios especializados externos (MEX_APOYO_SERVICIOS_ESPECIALIZADOS), pero las empresas tecnológicas no asumen la provisión directa de estos servicios.

5. Medidas de enfoque de género

Alineación en identidades de género y discrepancia en el estándar de responsabilidad

En lo que concierne al análisis del “Enfoque de género”, este presenta una doble dimensión de alineación y discrepancia. Por un lado, se observa una coincidencia en la protección de identidades, pues todas las plataformas adoptan un estándar global que protege activamente a mujeres, niñas y personas de la diversidad sexual (incluyendo identidad y expresión de género), superando en amplitud las categorías explícitas de las leyes mexicanas. De hecho, TikTok se distingue por incluir una protección más amplia para atributos como el estatus migratorio.

Sin embargo, la discrepancia estructural se manifiesta en el principio de responsabilidad de la persona moral (MEX_GENERO_PERSONA_MORAL), donde la ley mexicana establece una obligación objetiva y constante de prevención y sanción. Las políticas de las plataformas, en contraste, condicionan su actuación a la “sensibilidad regional” (TIKTOK_GENERO_SENSIBILIDAD_CULT) o a la presión de la legislación local (X_GENERO_RESPONDE_LEYES_LOC). Esta aproximación crea un estándar de protección variable y el riesgo de que las plataformas no mantengan el mismo nivel de protección frente a la violencia de género.

Discusión

En la actualidad, la violencia digital contra la mujer se traduce en una vulneración sistemática y diversificada de los derechos humanos en su más amplia acepción, pese a la promulgación, desde hace más de cuatro años, de la “Ley Olimpia” y de las reformas incorporadas a la legislación

mexicana. En este sentido, puede señalarse que dichos esfuerzos presentan alcances limitados frente a la complejidad, persistencia y constante transformación de esta modalidad de violencia.

Estudios previos muestran que la violencia contra la mujer se manifiesta tanto en espacios físicos como digitales, de forma directa o velada (Mejía, 2025; Flores & Salado, 2022). Lo anterior coincide con los hallazgos de esta investigación, que evidencian la complejidad del fenómeno y la existencia de brechas significativas entre las políticas de las plataformas y las disposiciones previstas en la legislación mexicana.

Si bien el marco legal mexicano reconoce la violencia digital como un delito y establece medidas de protección, la literatura especializada indica que la existencia de marcos legales no garantiza, por sí sola, una disminución de los casos (Saccomano, 2024; Namay Anticono *et al.*, 2025; Vargas Vásquez & Medina Rosas, 2024). Además, el análisis realizado reveló que algunas plataformas, como Facebook, presentan divergencias relevantes respecto de la normatividad pública, lo que puede favorecer la reproducción de patrones de impunidad y la persistencia de condiciones de exposición para las víctimas, documentadas por el INEGI (2024).

Como principio general, la legislación mexicana no establece responsabilidades ni sanciones específicas para las redes sociales en materia de violencia digital, a pesar de que constituyen uno de los principales espacios donde esta se perpetra. Asimismo, tampoco les impone la obligación expresa de adoptar marcos normativos internos armonizados con la legislación nacional. En consecuencia, no existe una exigencia jurídica que garantice que sus reglas, políticas o normas comunitarias sean coincidentes o convergentes con las disposiciones previstas en las leyes mexicanas.

Por su parte, las redes sociales digitales cuentan con normatividades internas laxas que, si bien no pueden coincidir plenamente con la legislación en materia de violencia digital de todos los países, sí deberían observar, al menos, la definición propuesta por ONU Mujeres, que a la letra dice:

Todo acto de violencia por razón de género contra las mujeres cometido, con la asistencia, en parte o en su totalidad, del uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), o agravado por este, como los teléfonos móviles y los teléfonos inteligentes, Internet, plataformas de medios sociales o correo electrónico, dirigido contra una mujer porque es mujer o que la afecta de forma desproporcionada (2023).

En esta tesitura, y al realizar el análisis de contenido de ambas normatividades, como se muestra en párrafos anteriores, se observa que la red social que presenta una mayor aproximación a la atención, sanción y erradicación de la violencia digital contra las mujeres es TikTok. Asimismo, es la plataforma que registra un mayor número de coincidencias con la legislación mexicana en la materia, destacando la vinculación de la práctica de recopilar y publicar información personal y privada (doxing) con el daño psicológico, además de la tipificación explícita de la extorsión.

Esta red social (TikTok) logra también una mayor armonía con el marco normativo mexicano respecto de la acción de retiro de contenido vinculada al mandato legal de reparación del daño, estableciendo que la eliminación de contenido se aplica específicamente cuando existe riesgo de daño psicológico o angustia emocional, reforzando el concepto de reparación integral que prioriza la legislación nacional. Incluye también una protección más amplia para atributos como el estatus migratorio.

Las redes sociales Facebook y X muestran divergencias relevantes con los instrumentos jurídicos mexicanos, lo que podría contribuir a explicar los altos porcentajes de incidencia de violencia digital contra las mujeres reportados por el INEGI (2025). En el caso de Meta, se registra un 43.6 % en Facebook y un 40.3 % en WhatsApp.

De igual manera, estudios previos identifican que la violencia digital constituye una extensión de las violencias tradicionales, con el agregado de la difusión viral de contenidos, lo que intensifica los daños psicológicos y emocionales (Vega Montiel *et al.*, 2022; Salgado Espinosa & Salgado Espinosa, 2022; Ventura Ramos *et al.*, 2025). Esto coincide con los hallazgos de la presente investigación sobre las dificultades para la reparación integral de las víctimas y la prevención de daños, derivadas de la limitada responsabilidad de las plataformas y de la dependencia de la autodenuncia.

Asimismo, las normas comunitarias de estas plataformas carecen de programas de prevención activa sobre la violencia contra las mujeres, dejando al Estado la responsabilidad principal de la comunicación educativa, la formación cívica y la construcción de ciudadanía digital. También presentan limitaciones para sancionar determinadas manifestaciones de discurso de odio e impedir su propagación, al privilegiar consideraciones asociadas a la libertad de expresión, lo que puede dificultar el propósito de desincentivar formas de daño simbólico y estructural.

Además, la investigación señala que la vio-

lencia mediática y el discurso de odio refuerzan las desigualdades estructurales de género, afectando tanto la autoestima como la seguridad de las mujeres (Richardson-Self, 2018; Dávila *et al.*, 2020; Rangel Romero *et al.*, 2025). En el presente trabajo, estas observaciones encuentran respaldo en la ausencia de programas y políticas preventivas en las normas de las plataformas digitales, así como en la limitada sanción de contenidos nocivos, elementos que pueden favorecer la reproducción de prácticas discriminatorias y de violencia simbólica. Lo anterior coincide con los hallazgos reportados en la literatura especializada.

De igual manera, las políticas de las plataformas, de manera general, imponen una alta dependencia de la autodenuncia, requiriendo una validación directa de la persona afectada antes de adoptar medidas coercitivas. Finalmente, se observó que la discrepancia estructural se manifiesta en el principio de responsabilidad de la persona moral, ya que la legislación mexicana establece una obligación objetiva y constante de prevención y sanción, mientras que las políticas de las plataformas condicionan su actuación a la legislación local, creando un estándar de protección variable. Esta situación genera el riesgo de que las plataformas no mantengan niveles adecuados de protección frente a la violencia de género y favorece respuestas desiguales en aquellos contextos donde la normativa local resulte menos protectora que el estándar previsto por la legislación mexicana.

Conclusiones

Mediante la presente investigación se exploró la violencia digital como un nuevo escenario de violencia contra la mujer, sus alcances normativos y las alternativas legales de solución, indagando sobre la importancia, trascendencia y resultados de la promulgación de la llamada “Ley Olimpia” como instrumento rector para enfrentar dicho fenómeno en México.

Con especial interés, se analizó la manera en que el Estado mexicano y las plataformas de redes sociales hacen frente, mediante su normativa, a la violencia digital contra la mujer, con el propósito de determinar sus puntos de coincidencia y divergencia, cumpliendo así con el objetivo planteado.

En esta tesitura, pudimos observar también que, pese a que México es pionero en la instrumentalización de un marco regulatorio en materia de violencia digital contra la mujer, no ha podido frenarse dicho delito; por el contrario, continúa al alza. Queda claro, entonces, que la legislación

mexicana y la normatividad de las redes sociales en esta materia caminan hacia destinos diferentes, hacia puntos divergentes, pues las plataformas en mención no han logrado hacer a un lado sus intereses mercantilistas en pro de un bien común, ni parece probable que lo hagan en un futuro próximo, salvo que se les obligue a través de políticas y lineamientos emitidos por organismos internacionales.

Ante esta realidad, la legislación mexicana debe considerar incluir en sus preceptos, de manera clara y puntual, las responsabilidades, derechos y obligaciones que las redes sociales habrán de asumir en su territorio; y el Estado, fortalecer las acciones institucionales vinculadas a la alfabeti-

zación mediática.

Finalmente, es importante mencionar que el estudio presenta algunas limitaciones que deben tenerse en cuenta. En primer lugar, la información disponible sobre las políticas de moderación de contenido de las empresas propietarias de plataformas digitales o redes sociales digitales puede ser fragmentaria o, en algunos casos, de acceso restringido, lo que podría dificultar alcanzar un análisis más profundo. Asimismo, la investigación se sustenta principalmente en el análisis documental, sin incorporar una verificación empírica que permita valorar de manera directa la eficacia de las normatividades y políticas analizadas en casos específicos.

Referencias

- Aggarwal, C. (2015). *Data mining: The Textbook*. Springer.
- Büttner, M., & Tessis Rodrigues, R. (2024). Sustainable regulations for social media. *Revista Eurolatinoamericana de Derecho Administrativo*, 11(2), e267. <https://doi.org/10.14409/redoeda.v11i2.14114>
- Código Penal Federal (Federal Penal Code). 14 de agosto de 1931. Texto vigente. Última reforma publicada en el DOF 16-07-2025. Cámara de Diputados.
- Dávila, L.F. (2020). Violencia simbólica: Revisión de los estudios que acuñan el concepto en América Latina (2009–2019) [Symbolic Violence: A Review of Studies That Coined the Concept in Latin America (2009–2019)]. *Novum Jus*, 14(2), 45–82. <https://doi.org/10.14718/NovumJus.2020.14.2.3>
- Flick, U. (2015). *Introducción a la investigación cualitativa (Introduction to Qualitative Research)*. Morata.
- García-Feregrino, J. & Dávila Fisman, N. (2022). #LeyOlimpia: reconstruyendo la seguridad en entornos digitales. El caso de México y su legislación con perspectiva de género (#LeyOlimpia: rebuilding security in digital environments. The case of Mexico and its gender-sensitive legislation)). *Campos en Ciencias Sociales*, 10(1). <https://doi.org/10.15332/25006681.7666>
- Flores Pérez, C. & Salado Jiménez, A. (2022). Activismo feminista, redes sociales y visibilización de la violencia contra la mujer universitaria: El MeeTooUAZ (Feminist Activism, Social Media, and the Visibility of Violence Against Female University Students: The MeTooUAZ Movement). *Revista Latinoamericana de Ciencias de la Comunicación*, 21(40), 146–156. <https://doi.org/10.55738/alaic.v21i40.856>
- Holguín Corral, R.E. & Castillo Quiñonez, L. (2020). Violencia digital contra las mujeres. Notas sobre el ciberacoso en México (Digital Violence Against Women: Notes on Cyber Harassment in Mexico). De Política. *Revista de la Asociación Mexicana de Ciencias Políticas*, 8(15), 59–73.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2021). *Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (ENDIREH)* [National Survey on the Dynamics of Household Relationships (ENDIREH)]. <https://www.inegi.org.mx/programas/endireh/2021/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2024). *Módulo sobre Ciberacoso (MOCIBA)* [Cyberbullying Module (MOCIBA)]. <https://www.inegi.org.mx/programas/mociba/2024/>
- Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido. Teoría y práctica (Content Analysis Methodology: Theory and Practice)*. Paidós Comunicación.
- Ley General de Acceso de Las Mujeres a una Vida Libre de Violencia (General Law on Women's Access to a Life Free of Violence). 1° de febrero de 2007. Texto vigente. Última reforma publicada en el DOF 16-12-2024. Cámara de Diputados.
- Marmanillo Manga, R. Graneros Tairo, J., Del Pino Quispe, Y. & Rosas Díaz, G.R. (2025). Femicidio en Latinoamérica: un análisis de los rasgos socioculturales del agresor (Femicide in Latin America: An Analysis of the Sociocultural Characteristics of the Perpetrator). *Prometeica*, 32, 1–19. <https://doi.org/10.34024/prometeica.2025.32.19541>
- Mejía Tadeo, R.F. (2025). Violencia de género en América Latina: limitaciones y desafíos para una protección integral (Gender-Based Violence in Latin America: Limitations and Challenges for Comprehensive Protection). *Revista InveCom*, 6(2), 1–7. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17109724>
- Mayring, P. (2000). Qualitative Content Analysis. *Forum Qualitative Sozialforschung Forum: Qualitative Social Research*, 1(2). <https://doi.org/10.17169/fqs-1.2.1089>
- Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: Theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Social Science Open Access Repository. <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:-de:0168-ssoar-395173>
- Namay-Anticono, E.G., Olguín-Villalobos, L.R., & Reyes-Cuba, C.K. (2025). Violencia de género en América Latina y el Caribe: desafíos legales para la protección de las mujeres en estado de vulne-

- rabilidad (Gender-Based Violence in Latin America and the Caribbean: Legal Challenges for the Protection of Women in Vulnerable Situations). Encuentros. *Revista de Ciencias Humanas, Teoría Social y Pensamiento Crítico*, 23, 255–264. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14271150>
- ONU Mujeres (2023). *Violencia digital contra las mujeres y las niñas (Digital Violence Against Women and Girls)*. <https://mexico.unwomen.org/es/digital-library/publications/2023/03/violencia-digital-contra-las-mujeres-y-las-ninas>
- Rangel Romero, X., Viera Gutiérrez, F.E., & Cuellar Ochoa, C.E. (2025). Los discursos de odio por género en redes sociales frente a mujeres víctimas de violencia familiar en México: ¿libertad de opinión y de expresión? (Gender-Based Hate Speech on Social Media Against Women Victims of Domestic Violence in Mexico: Freedom of Opinion and Expression?). *Revista de Derecho*, 10(1). <https://doi.org/10.47712/rd.2025.v10i1.297>
- Richardson-Self, L. (2018). Woman-hating: On misogyny, sexism, and hate speech. *Hypatia*, 33(2). 256–277. <https://doi.org/10.1111/hypa.12398>
- Saccomano, C. (2024). El feminicidio en América Latina: ¿vacío legal o déficit del Estado de derecho? (Femicide in Latin America: A Legal Vacuum or a Deficit of the Rule of Law?). *Revista CIDOB d'Afers Internacionals*, (117), 51–78. <https://doi.org/10.24241/rcai.2017.117.3.51>
- Salgado Espinosa, L.A. & Salgado Espinosa, M.L. (2022). Violencia digital contra las mujeres en México: caracterización, efectos, experiencias y redes (Digital Violence Against Women in Mexico: Characterization, Effects, Experiences, and Networks). *FEMERIS: Revista Multidisciplinar de Estudios de Género*, 7(3), 29–42. <https://doi.org/10.20318/femeris.2022.7150>
- Strauss, A., & Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa: Técnicas y procedimientos para desarrollar teoría fundamentada (Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory)*. Universidad de Antioquia.
- Vargas Vásquez, L. & Medina Rosas, A. (2024). La violencia contra las mujeres desde el ámbito jurídico y programático: una reflexión desde México (Violence Against Women from the Legal and Programmatic Perspective: A Reflection from Mexico). *Atlánticas. Revista Internacional de Estudios Feministas*, 9(1), 1–21. <https://doi.org/10.17979/arief.2024.9.1.9998>
- Vega Montiel, A., Esquivel, D. & Pacheco, C. (2022). Violencia digital contra las mujeres en México. En I. Postigo Gómez, T. Vera Balanza & De Frutos García, R. (Coords). *Feminismos, violencias y redes sociales [Digital Violence Against Women in Mexico]*. In I. Postigo Gómez, T. Vera Balanza, & R. De Frutos García (Eds.), *Feminisms, Violence, and Social Media* [pp.157-179]. Peter Lang.
- Ventura Ramos, P., Memije Alarcón, N. & Álvarez Montalvan, O. (2025). Violencia Digital en la Era de la Inteligencia Artificial: Desafíos Jurídicos, Económicos y Tecnológicos (Digital Violence in the Age of Artificial Intelligence: Legal, Economic, and Technological Challenges). *Ibero Ciencias. Revista Científica y Académica*, 4(3), 329–355. <https://doi.org/10.63371/ic.v4.n3.a126>

Significados asociados a colores complementarios variación en saturación y luminosidad

Rosa Amelia Rosales Cinco¹; Ivonne Jetzabel Carrillo Casillas²; Diana Angélica Robles Dimas³

Resumen

El color es fundamental en la vida cotidiana; visualmente, brinda información a la población. Además, es uno de los medios más subjetivos con los que se cuenta al momento de diseñar, por su condición de ser sociocultural. Por lo cual, el objetivo de la presente investigación fue identificar la asociación de significados atribuidos a los colores complementarios, variando su saturación y luminosidad, sin referencia a objetos específicos. El universo estuvo conformado por 40 sujetos, a quienes se les aplicó una encuesta de lápiz y papel que contenía los colores amarillo, rojo, azul, verde, naranja y morado, con variación de saturación y luminosidad en 4 tintes cada uno, dando un total de 24 colores, los cuales fueron asociados según sus significados. Los resultados demostraron que hay 5 colores en los que varía la atribución según su saturación y luminosidad: el amarillo, asociado con luminosidad, debilidad y alegría; el rojo, asociado con el amor, lo caliente y la elegancia; el azul, que en todas sus variaciones se asoció con lo frío; el verde, asociado con vida, naturaleza, elegancia y seriedad; el naranja, asociado con debilidad, precaución, alegría y lo caliente; y el morado, el que más asociaciones presentó: inocencia, belleza, feminidad, miedo y religiosidad. En conclusión, esta investigación permitió identificar la percepción de los colores en la población mexicana actual.

Palabras clave: color, complementarios, saturación, luminosidad, asociación.

Cómo citar: Rosales, R., Carrillo, I., Robles, D. (2026). Significados asociados a colores complementarios: variación en saturación y luminosidad. En Altamira, J., Calles, M. (Coord.). *Salud y Género: retos y aportes desde la investigación*. High Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/saludygenero8>

1. <https://orcid.org/0000-0003-2907-2078>, rosa.rcinco@academicos.udg.mx | Universidad de Guadalajara.
2. <https://orcid.org/0009-0007-9907-0330>, ivonne.carrillo@academicos.udg.mx | Universidad de Guadalajara.
3. <https://orcid.org/0009-0002-4106-3588>, roblesdimasdiana@gmail.com | Instituto Politécnico Nacional.

Meanings associated with complementary colors variation in saturation and luminosity

Abstract

Color is fundamental in everyday life; visually, it provides information to people. Moreover, it is one of the most subjective tools available in design due to its sociocultural nature. Therefore, the objective of this study was to identify the associations of meanings attributed to complementary colors by varying their saturation and brightness, without reference to specific objects. The sample consisted of 40 participants who completed a paper-and-pencil survey containing the colors yellow, red, blue, green, orange, and purple, each presented in four variations of saturation and brightness, for a total of 24 colors. Participants were asked to associate each color with its perceived meanings. The results showed that there were five colors whose attributed meanings varied according to their saturation and brightness: yellow was associated with brightness, weakness, and joy; red with love, warmth, and elegance; blue, in all its variations, was associated with coldness; green with life, nature, elegance, and seriousness; orange with weakness, caution, joy, and warmth; and purple, which generated the greatest number of associations, with innocence, beauty, femininity, fear, and religiosity. In conclusion, this study made it possible to identify color perceptions among the contemporary Mexican population.

Keywords: color, complementary, saturation, luminosity, association.

Introducción

En la percepción del color están involucrados aspectos físicos, fisiológicos y psicológicos, así como la influencia del contexto sociocultural en donde se lleven a cabo estas percepciones. Como lo argumentan López *et al.* (2025), el color está en perpetua interacción junto con su simbolismo y sus significados. Por lo general, de manera coloquial, las asociaciones a estos se han referido al agrado o desagrado, en donde un color altamente agradable será un color con alta preferencia. Sin embargo, al realizar investigaciones con estas temáticas, se logra que las preferencias del color tengan relevancia tanto científica como práctica para los diseñadores y todos los estudiosos de este campo.

En la parte teórica, ha habido un largo y rico interés en la naturaleza y origen de la preferencia del color, intentando dar respuesta con respecto a si las preferencias del color son adquiridas o son innatas, si son universales o varían de sociedad a sociedad o de individuo a individuo (Crozier, 1999; Ling y Hurlbert, 2011). Con la finalidad de evolucionar al aspecto práctico de las preferencias del color, se estructuró el Proyecto Asociaciones de Significados del Color, en el cual, como mencionan Prado León *et al.* (2004), los resultados obtenidos pueden ser aplicados a proyectos de diseño con sustentos cien-

tíficos. Del referido proyecto se deriva la presente investigación, siendo esta la tercera etapa, en donde la primera etapa se realizó con 16 colores (gris, rojo, azul, rosa, morado, verde, amarillo, negro, blanco, lila, café, crema, tinto, naranja, plata y dorado); la segunda, asociaciones de significados variando su saturación y luminosidad de 24 colores (azul, verde, café, gris, rojo, rosa, naranja y amarillo), con asociación de mayor significancia en Ch2: el amarillo, azul, rojo, naranja y verde, según Prado y Rosales (2011), por lo que, en esta última, se considera centrarse en los colores primarios (amarillo, azul y rojo) y sus complementarios (morado, naranja y verde), valorando la variación en su saturación y luminosidad. Cabe señalar que, en todas las etapas, los colores se codificaron considerando el sistema de color de Munsell (2011), cuyo método es idóneo para organizar y describir los colores considerando los tres atributos: tinte (tono o hue), valor (luminosidad) y croma (saturación o intensidad).

Por último, es importante destacar que los resultados que se evidencian en este documento son la prueba piloto de esta tercera etapa, ya que se pretende ampliar la muestra en población mexicana con la finalidad de incrementar la interpretación de preferencias cromáticas.

Generalidades del color

El color es un estímulo luminoso producido en el ojo que interpreta el cerebro a partir del reflejo de un objeto con respecto a una longitud de onda específica de luz. Según Crespo (2021), los colores no están en las cosas; el color que vemos es el de la luz que se refleja, independientemente de su intensidad. Por tanto, todos los colores están contenidos en el espectro visible de luz, aunque en distintas longitudes de onda. Es por medio de la percepción visual que se puede captar e identificar cada uno de los tintes existentes en el mundo.

El color brinda información desde su aspecto físico, considerando sus tonalidades, como los estudios de Newton a través del prisma de cristal, que reconoció los colores del arcoíris desde el rojo hasta el magenta (morado); asimismo, su aspecto psicológico, el cual se enfoca desde la ergonomía cognitiva en el diseño de objetos y sistemas interactivos, requiere una comprensión de cómo los usuarios perciben y reaccionan a estímulos visuales, entre ellos los colores. Por tanto, la percepción del color interviene en capacidades como la atención, la toma de decisiones, el reconocimiento y la comunicación.

Además, el color tiene dos niveles: el sintáctico y el semántico (Sánchez-Ramos y Caldera González, 2016). En el primero intervienen los sistemas de orden del color; es como se define el color, armonías, agrupaciones cromáticas, cada aspecto que hace posible hablar de una gramática de este. El segundo nivel, el semántico, es donde intervienen las relaciones del color, los códigos, asociaciones y significados atribuidos a los colores, los cuales están relacionados con la interacción del individuo con su entorno, por lo que los colores pueden parecer diferentes y tener diferentes significados según el contexto, la población, la región y la cultura. Comprender estas variables es fundamental para utilizarlo efectivamente como lenguaje visual en el diseño ergonómico (Lillo *et al.*, 1995).

Colores primarios y complementarios

La selección de los colores involucrados en la investigación se consideró a partir del círculo cromático, el cual, según Talonia Anaya y Cisneros Contreras (2025), es la representación circular de todos los colores existentes agrupados según su matiz, en el que los colores primarios y complementarios se encuentran ordenados diametralmente opuestos, que a su vez muestran una relación entre ellos, como se evidencia en la Figura 1; además, es una herramienta útil para el logro de

combinaciones armoniosas. Se divide en 12 partes: la parte central está representada por los colores primarios (amarillo, azul y rojo); en la siguiente parte, los secundarios y/o complementarios de los primarios (morado, naranja y verde); y en la parte exterior, los terciarios (rojo-naranja, amarillo-naranja, amarillo-verde, azul-verde, azul-morado y rojo-morado).



Figura 1.
Círculo cromático del color

Sistema de Color de Munsell

El sistema de Munsell, generado en la década de los 30 como espacio cromático, tiene la finalidad de describir y clasificar colores basados en la percepción humana del color, como se puede ver en la Figura 2, a través de la cual la presente investigación se basó para la codificación de los colores.

Este sistema al inicio fue distribuido a partir de una esfera, pero actualmente pasa a un sólido de forma irregular. Según se especifica en Caivano (1995), este sistema se basa en las variables de análisis de cada color a partir del tinte, el valor y el croma. La secuencia de los “tintes se organiza de manera circular, con cinco principales equidistantes entre sí: rojo, amarillo, verde, azul y púrpura” (Caivano, 1995, p. 13). Posteriormente, entre estos se ubican otros cinco tintes a los que se denominan intermedios, siendo amarillo-rojo, verde-amarillo, azul-verde, púrpura-azul y rojo-púrpura. Este sistema considera una mayor cantidad de tintes, asignando una escala de variación de 1 a 10 para cada tinte principal e intermedio, correspondiendo el valor 5 al tinte característico según la denominación.

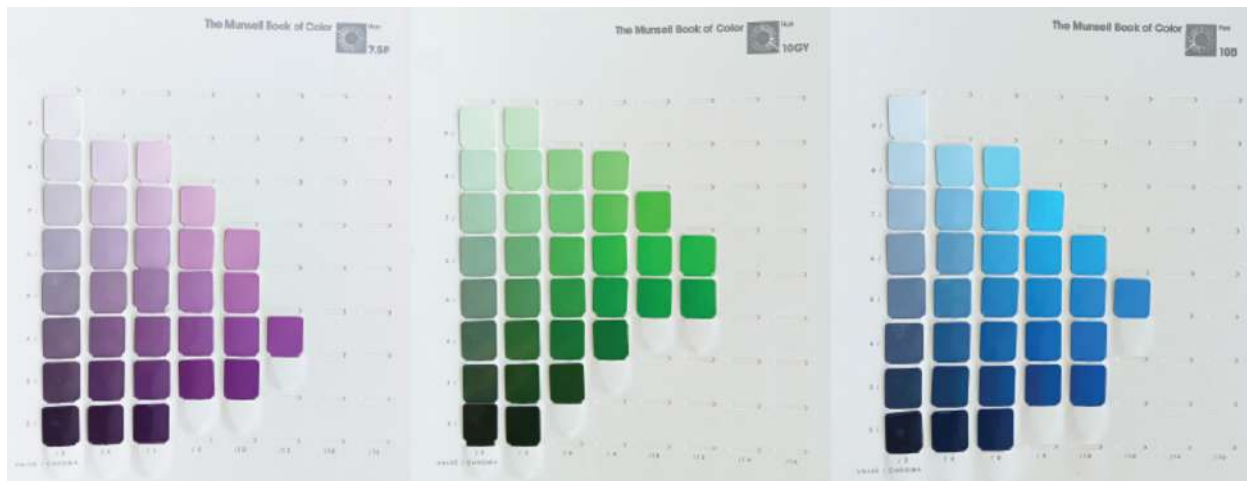


Figura 2.
Representación del sistema de color de Munsell

Respecto al valor del tinte, se refiere a la luminosidad, qué tan claro u oscuro es un tinte, el cual se establece en una secuencia de grises (que van del 1 al 9) entre el blanco (con denominación 10) y el negro (con denominación 0). Esto se evidencia en la Figura 3.

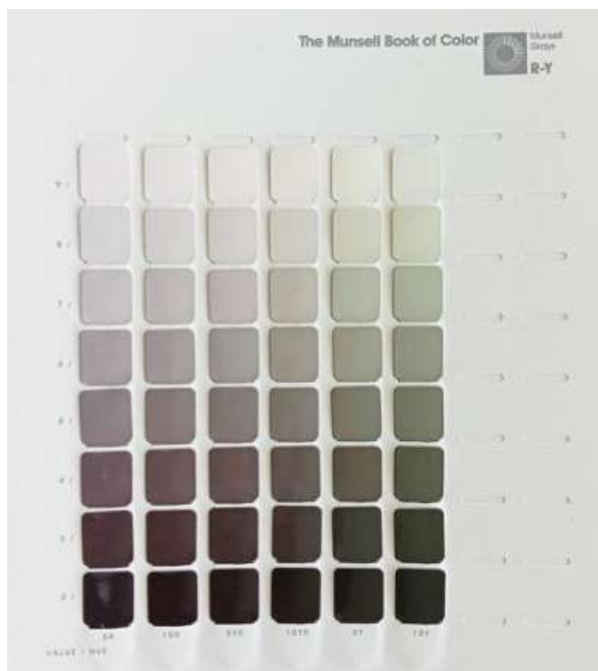


Figura 3.
La luminosidad de los tintes en el sistema de color de Munsell

Referente al croma, es el aspecto que varía entre un color intenso, saturado o de gran pureza, el cual se mide desde el eje vertical del neutro gris, como se aprecia en la Figura 4. La variación de croma se simboliza a partir del 0 para los neutros, creciendo a medida que el tinte sea puro, con mayor intensidad y saturación.

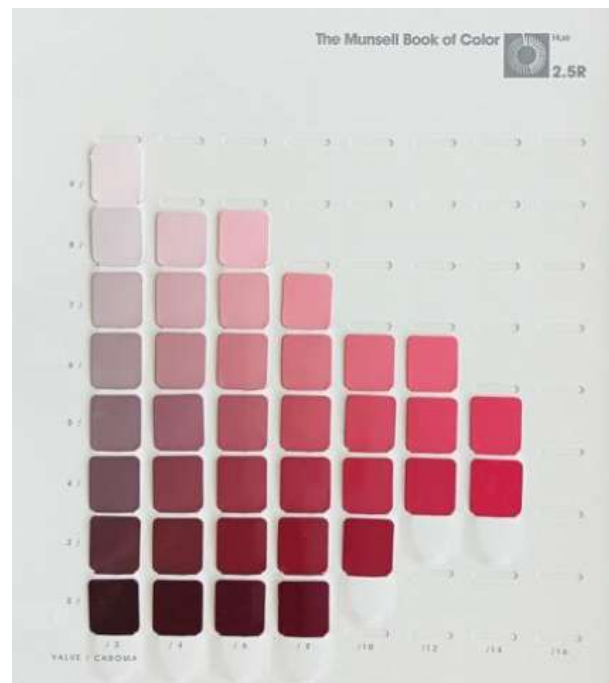


Figura 4.
La saturación de los tintes en el sistema de color de Munsell

Método

Investigación descriptiva de corte transversal y exploratorio de asociaciones de significados atribuidos a los colores mediante un análisis cuantitativo, por medio del cual se emplearon encuestas de lápiz y papel como técnica de recolección de datos.

Objetivo

Identificar la asociación de significados atribuidos a los colores complementarios, variando su saturación y luminosidad sin referencia a objetos específicos.

Universo

La muestra estuvo conformada por 40 participantes del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), Jalisco, México, encuestados como parte de la prueba piloto de este estudio. Se pretende ampliar la muestra.

Procedimiento

Se implementó la técnica de bola de nieve para la aplicación de las encuestas. Se solicitó la participación de forma verbal, explicándole al participante el proyecto; asimismo, se le solicitó la firma de consentimiento informado. Se realizaron en el AMG, en un periodo de un mes. A cada participante se le entregó un instrumento que contenía 4 hojas de respuestas y 3 láminas con 8 colores cada una, las cuales se colocaron debajo de las hojas de respuestas. Los participantes respondieron los datos generales en la parte superior y, enseguida, escribieron a un costado de cada color, desde uno hasta tres significados que les atribuían a los colores, de una hoja con 59 diferentes significados que pudieron asociarse de forma opcional y repetir cuantas veces consideraron necesario.

Instrumento

Encuesta de lápiz y papel integrada por:

A) Fueron 3 láminas con los 24 colores, como se refleja en la Figura 5. En estas, se distribuyeron recortes de papel, los cuales cada una contenía 8 colores, dos columnas con 4 colores cada una, variando su nivel de saturación y luminosidad, según la codificación del sistema de color de Munsell (2011).



Figura 5.

Las láminas con los 24 colores

A continuación, en las siguientes láminas 1, 2 y 3 se explican las codificaciones según Munsell (2011), de acuerdo con la saturación y luminosidad de los 24 colores, primarios y complementarios.

Lámina 1.

"Amarillo1 Hue 10Y Luminosidad 8.5 Saturación 6"	"Morado1 Hue 7.5P Luminosidad 6 Saturación 8"
"Amarillo2 Hue 5Y Luminosidad 8 Saturación 12"	"Morado2 Hue 2.5P Luminosidad 5 Saturación 8"
"Amarillo3 Hue Y 3/3.75 Luminosidad Saturación"	"Morado3 Hue 10P Luminosidad 5 Saturación 6"
"Amarillo4 Hue 2.5Y Luminosidad 8 Saturación 8"	"Morado4 Hue 2.5P Luminosidad 3 Saturación 10"

Lámina 2.

"Azul1 Hue 10B Luminosidad 8 Saturación 4"	"Naranja1 Hue 5YR Luminosidad 8 Saturación 8"
"Azul2 Hue 7.5B Luminosidad 7 Saturación 8"	"Naranja2 Hue 5YR Luminosidad 7 Saturación 12"
"Azul3 Hue 6.5PB Luminosidad 5 Saturación 12"	"Naranja3 Hue 7.5YR Luminosidad 7 Saturación 14"
"Azul4 Hue 7.5PB Luminosidad 4 Saturación 12"	"Naranja4 Hue 10YR Luminosidad 6 Saturación 12"

Lámina 3.

"Rojo1 Hue 5R Luminosidad 5 Saturación 14"	"Verde1 Hue 5GY Luminosidad 8 Saturación 10"
"Rojo2 Hue 5R Luminosidad 4 Saturación 12"	"Verde2 Hue 10GY Luminosidad 6 Saturación 10"
"Rojo3 Hue 5R Luminosidad 3 Saturación 10"	"Verde3 Hue 2.5G Luminosidad 4 Saturación 8"
"Rojo4 Hue 5R Luminosidad 3 Saturación 6"	"Verde4 Hue 7.5G Luminosidad 8 Saturación 4"

B) Las hojas de respuestas estuvieron conformadas una con datos generales para descripción de la muestra poblacional y 3 donde se registraron los significados atribuidos, como se puede observar en la Figura 6.

Resultados

Los hallazgos obtenidos en esta tercera etapa de la investigación fueron procesados estadísticamente de forma descriptiva, cuya prueba piloto evidenció que la población conformada por 40 participantes, de los cuales 30 fueron mujeres y 10 hombres, cuyas edades oscilaron entre los 17 y 57 años, con una media de edad de 24 años. El 37.5 % es apoyado por su familia para costear sus gastos, mientras que el 55 % trabaja y solo un 7.5 % recibe apoyo de su familia y trabaja. En relación con la

profesión que desempeñan los participantes, unos se dedican al estudio, otros son empleados y/o profesionistas del Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México.

Sobre las asociaciones de significados a los colores complementarios, se especifican considerando el color primario y su correspondiente color complementario.

Respecto al color primario amarillo y su color complementario morado, los significados con mayor porcentaje se enlistan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Asociaciones de significados de los colores amarillo y morado.

Color o hue primario	Significados	Color o hue complementario	Significados
Amarillo 1 10Y8.5/6	"Débil 10% Malestar 7.5 % Luminosidad 7.5 % Sequedad 7.5 %"	Morado 1 7.5P6/8	Inocencia 15 % Femenino 10 % Pasividad 7.5 % Ternura 7.5 % Crear 5 %"
Amarillo 2 5Y8/12	"Alegría 25 % Equilibrio 17.5 % Luminosidad 12.5 % Vida 10 % Crear 7.5 %"	Morado 2 2.5P5/8	"Belleza 7.5 % Femenino 7.5 % Real 7.5 % Amistad 5 % Equilibrio 5 % Riqueza 5 % Frivolidad 5 %"
Amarillo 3 Y3/3.75	"Energía 22.5 % Alegría 20 % Luminosidad 12.5 % Riqueza 5 % Crear 5 %"	Morado 3 10P5/6	Belleza 7.5 % Seriedad 7.5 % Conservador 7.5 % Miedo 7.5 % Amor 5 % Malestar 5 % Femenino 5 % Miedo 5 %
Amarillo 4 2.5Y8/8	"Precaución 15 % Caliente 15 % Actividad 10 % Luminosidad 7.5 % Fortaleza 7.5 %"	Morado 4 2.5P3/10	Religiosidad 12.5 % Elegancia 10 % Fortaleza 7.5 % Oscuridad 7.5 % Vacío 5 % Conservador 5 % Femenino 5 % Fertilidad 5 % Maldad 5 %"

En relación con el color primario azul y su color complementario naranja, los significados con mayor porcentaje se indican en la Tabla 2.

Tabla 2.

Asociaciones de significados de los colores azul y naranja

Color o hue primario	Significados	Color o hue complementario	Significados
Azul 110B8/14	"Frío 25 % Pasividad 22.5 % Limpieza 7.5 % Frivolidad 5 %"	Naranja 1 5YR8/8	"Débil 7.5 % Conservador 7.5 % Sequedad 7.5 % Ternura 5 % Inocencia 5 %"
Azul 2 7.5B7/8	"Frío 20 % Pasividad 10 % Inocencia 10 % Luminosidad 7.5 %"	Naranja 2 5YR7/12	"Precaución 12.5 % Luminosidad 12.5 % Energía 10 % Fealdad 10 % Vulgaridad 10 % Agresividad 5 %"
Azul 3 6.5B5/12	"Frío 10 % Tristeza 7.5 % Equilibrio 5 % Seriedad 5 %"	Naranja 3 7.5YR7/14	"Alegria 7.5 % Energía 7.5 % Caliente 10 % Desequilibrio 10 %"
Azul 4 7.5B4/12	"Frío 22.5 % Elegancia 10 % Miedo 10 % Tristeza 10 % Obscuridad 10 %"	Naranja 4 10YR6/12	"Caliente 17.5 % Peligro 7.5 % Naturaleza 7.5 % Alegria 5 % Agresividad 5 % Energía 5 % Acogedor 5 % Seriedad 5 %"

Referente al color primario rojo y su color complementario verde, los significados con mayor porcentaje se explican en la Tabla 3.

Tabla 3.

Asociaciones de significados de los colores rojo y verde

Color o hue primario	Significados	Color o hue complementario	Significados
Rojo 1 5R 5/14	"Amor 30 % Caliente 10 % Encendido 10 % Peligro 7.5 %"	Verde 1 5GY8/10	"Naturaleza 27.5 % Naturaleza 25 % Pasividad 5 % Libertad 5 %"
Rojo 2 5R 4/12	"Amor 27.5 % Sexualidad 15 % Caliente 7.5 % Precaución 7.5 %"	Verde 2 10GY6/10	"Naturaleza 27.5 % Vida 10 % Pasividad 10 % Avanzar 7.5 % Honestidad 7.5 %"
Rojo 3 5R 3/10	"Amor 17.5 % Caliente 15 % Agresividad 12.5 % Elegancia 10 % Alto 7.5 % Peligro 7.5 %"	Verde 3 2.5G4/8	"Naturaleza 30 % Vida 12.5 % Libertad 7.5 % Fertilidad 5 %"
Rojo 4 5R 3/6	"Amor 12.5 % Elegancia 7.5 % Sexualidad 7.5 % Peligro 7.5 % Maldad 7.5 % Apagado 7.5 %"	Verde 4 7.5G8/4	"Naturaleza 20 % Elegancia 15 % Seriedad 7.5 % Vida 5 %"

En general, se expone que los sujetos atribuyeron los tres significados a los colores con la siguiente frecuencia: amarillo1, con un 10 %, se designó como débil; amarillo 2, alegría con el 25 %; amarillo 3, energía con el 22.5 %; y amarillo 4 como precaución con 15 %. El complementario morado1 se asoció con inocencia con el 15 %; morado 2 y morado 3 fueron referidos o asociados con belleza con el 7.5 %; y la asociación del morado 4 con la religiosidad con el 12.5 %.

El significado de pasividad, con el 25 %, se asignó al azul 1; el frío para el azul 2 y azul 3 con más de un 20 %; el azul 4 fue asociado con la elegancia con un 10%; y el complementario naranja1, asociado con débil con el 7.5 %. El naranja 2 fue relacionado con precaución con un 12.5 %; el naranja3 con alegría con un 7.5 %; y el naranja 4 se vinculó con caliente con un 17.5 %.

Amor como significado fue asociado en todas las variaciones de los rojo 1, rojo 2, rojo 3 y rojo 4 con un 30 %, al igual que los verde 1, verde 2, verde 3 y verde 4, que fueron asociados al significado de naturaleza con el 30 %.

Conclusiones

En la presente investigación, hasta el momento, los resultados de la prueba piloto indican que existen asociaciones de significados consistentes socioculturalmente, como los atribuidos al color primario rojo en todos sus tintes asociados al amor, al igual que otros estudios como el de Prado *et al.* (2016), Sánchez Borrero (2024) y Zavala Aranda (2011). Respecto al color amarillo, este fue asociado con alegría, como en el estudio de Sánchez Borrero (2024), además de relacionarlo con energía, precaución y débil, existiendo diferencia para la designación según su saturación y luminosidad. El azul se asoció con pasividad, frío y elegancia según su variación en saturación y luminosidad.

Referente a los colores complementarios, también se encontró que el color morado tuvo asociaciones dispersas como religiosidad, inocencia y belleza a partir de la saturación y luminosidad que presentaba, por lo que esta condición es importante tener presente en las posteriores evidencias. Respecto al color naranja, asociado con caliente, precaución, alegría y débil, las asociaciones también dependieron a partir de la variación de saturación y luminosidad. Por último, con relación al color verde, este fue asociado a la naturaleza en todas sus saturaciones y variaciones luminosas, como ha sucedido en aportaciones de Prado *et al.* (2016), Sánchez Borrero (2024) y Zavala Aranda (2011).

Cabe mencionar que una limitación en el estudio fue la muestra de participantes (prueba piloto); sin embargo, se considera ampliarla, con la finalidad de generar análisis estadístico con las combinaciones y cruces de significados entre el color primario y complementario en cada uno de sus hues.

Sin embargo, es importante evidenciar que investigar estos tópicos es de interés en ciencias como la psicología y la medicina. En disciplinas como el diseño, en el área del marketing y la publicidad, es donde se demuestran los efectos de ciertos colores en el comportamiento y las emociones, brindando a los publicistas estrategias para optimizar sus campañas, los cuales tienen influencia cultural (Pastor Calzada, 2025; Talonia Anaya y Cisneros Contreras, 2025; y Zavala Aranda, 2011). Otras evidencias en la literatura actual con respecto a las asociaciones del color versan en temáticas del color en general o aplicadas específicamente a espacios y/o objetos. Sin embargo, aún existen huecos, por lo cual es importante considerar para futuras investigaciones un proyecto con análisis cualitativo, sin dejar de considerar que algunas limitantes en los hallazgos se pueden deber a que cada color que se asocia con ciertos significados son de cada persona inmersa en una cultura.

Referencias

- Caivano, J.L. (1995). Sistemas de orden de color (Color Ordering Systems). *Serie Difusión*, (12), 1-59. https://www.researchgate.net/publication/318652101_Sistemas_de_orden_del_color#full-text
- Crespo, A. (2021). *El pequeño libro de la psicología del color: descubre el significado de los colores y cómo influyen en las personas (The Little Book of Color Psychology: Discover the Meaning of Colors and How They Influence People)*. Editorial independiente.
- Crozier, R.W. (1999). The meanings of colour: Preferences among hues. *Pigment & Resin Technology*, 28(1), 6-14. <https://doi.org/10.1108/03699429910252315>
- Lillo, J., Collado, J., Del Valle, R. y Sánchez, P. (1995). Color, contraste y diseño ergonómico (I) La percepción del color [Color, Contrast, and Ergonomic Design (I): Color Perception]. *Factores Humanos*, 9, 47-57. https://www.researchgate.net/profile/Ja-Collado/publication/267263974_Color_contraste_y_diseño_ergonomico_I_La_percepcion_del_color/links/555da95408ae6f4dcc8c4113/Color-contraste-y-diseño-ergonomico-I-La-percepcion-del-color.pdf

- Ling, Y. y Hurlbert, A. (2011). Age-dependence of colour preference in the U.K. population. En: C.P. Biggam (Ed.). *New Directions InColour Studies* (pp. 347-360). John Benjamins publishing company. https://www.researchgate.net/publication/305441276_Age-dependence_of_colour_preference_in_the_UK_population
- López, Ch.S., Mediavilla, S.A. y Almeida, V.I. (2025). La enseñanza del color desde la psicología del color en la formación de docentes en Artes (Teaching Color Through Color Psychology in the Training of Art Educators). *Revista Científica Dejando Huellas*, 5(1), 113-130. <https://doi.org/10.65100/recidh/22>
- Munsell Color Company (2011). *Munsell soil color charts*. Gráficos de color. Munsell Color.
- Pastor Calzada, O.E. (2025). The impact of color on consumer choices: a color psychology perspective. *EKTENO*, 3(2), 119-143. <https://uhektenos.com/index.php/Uhektenos/article/view/104/72>
- Prado León, L.R., Ávila Chaurand, R. y Rosales Cinco, R. (2004). Asociación cromática en mexicanos (Chromatic Associations in Mexicans). *Acao Ergonomica*, 2(1), 81-87. <https://revistaacaoergonomica.org/article/627d83c3a9539514e04a9e53>
- Prado, R., y Rosales, R. (2011). Effects of lightness and saturation on color associations in the Mexican population. En C. P. Biggam (Ed.), *New Directions InColour Studies*, (pp. 389-394). John Benjamins publishing company.
- Prado, R., Rosales, R. e Ibarra, L. (2016). Asociación de los colores primarios: variación en saturación y luminosidad, en población universitaria. En G. Ortiz Hernández (Ed.). *El color y la cultura en México y el mundo* [Association of Primary Colors: Variations in Saturation and Brightness in a University Population. In G. Ortiz (Ed.), *Color and Culture in Mexico and the World*] (pp. 97-106). Amexinc.
- Sánchez Borrero, G. (2024). Psicología y uso del color: Transformación, reinterpretación y creación de nuevos significados sociales (Psychology and Use of Color: Transformation, Reinterpretation, and Creation of New Social Meanings). *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, (224), 115-127. <https://doi.org/10.18682/cdc.vi224.11290>
- Sánchez-Ramos, M. y Caldera González, D.del C. (2016). La significación del color y su importancia para la divulgación de la ciencia. Un enfoque cualitativo (The Meaning of Color and Its Importance for Science Communication: A Qualitative Approach). *Opción*, 32(13), 540-559 <https://www.redalyc.org/pdf/310/31048483027.pdf>
- Talonia Anaya, K. y Cisneros Contreras, M.R. (2025). El papel del color en la percepción del consumidor (The Role of Color in Consumer Perception). *Caleidoscopi*, 3(5), 32-43. <https://doi.org/10.29057/caleidoscopi.v3i5.14448>
- Zavala Aranda, C.P. (2011). Mercadotecnia y Comunicación Visual: Las asociaciones ante los colores con efecto y sin efecto perlado en México (Marketing and Visual Communication: Associations with Pearlescent and Non-Pearlescent Colors in Mexico). *Investigación Universitaria Multidisciplinaria*, 10 (10), 29-36. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4106572>

Factibilidad de una intervención educativa a cuidadores para prevenir obesidad infantil

Gudelia Nájera Gutiérrez¹; Osbelia Sánchez Pérez²;
María Claudia Morales Rodríguez³; Beatriz García Solano⁴;
Brenda Resendiz Maldonado⁵

Resumen

La obesidad infantil constituye un problema de salud pública a nivel mundial y se asocia con estilos de vida poco saludables adquiridos desde edades tempranas (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2024; UNICEF, 2024). Los cuidadores tienen un papel determinante en la formación de hábitos alimentarios y de actividad física, por lo que fortalecer sus conocimientos mediante estrategias educativas resulta fundamental (Falbe *et al.*, 2015; Denova-Gutiérrez *et al.*, 2023). El objetivo de este estudio fue evaluar la factibilidad técnica, operativa y económica de una intervención educativa dirigida a cuidadores de niños en edad preescolar en un plantel público del estado de Puebla, México. Se diseñó e implementó una intervención de cinco sesiones presenciales con duración de 60 minutos cada una. La factibilidad se evaluó mediante una matriz estructurada y dos instrumentos: ficha sociodemográfica y matriz de factibilidad. Los resultados demostraron que el plantel contaba con los recursos físicos necesarios para llevar a cabo la intervención; la permanencia de cuidadores fue del 65.8 % y el costo total de implementación fue accesible, lo cual indica viabilidad. Se concluye que la intervención es factible y replicable en otros preescolares con condiciones similares, y que la educación dirigida a cuidadores representa una estrategia viable para la prevención de la obesidad infantil desde el entorno escolar.

Palabras clave: intervención educativa, obesidad infantil, factibilidad, cuidadores, nutrición.

Cómo citar: Nájera, G., Sánchez, O., Morales, M., García, B., Resendiz, B. (2026). Factibilidad de una intervención educativa a cuidadores para prevenir obesidad infantil. En Altamira, J., Calles, M. (Coord.). *Salud y Género: retos y aportes desde la investigación*. High Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/saludygenero9>

1. <https://orcid.org/0000-0003-1586-6627>, gudenajgut@hotmail.com | Facultad de Enfermería de la BUAP. Puebla, México.
2. <https://orcid.org/0009-0000-5023-8306>, osbelia.sanchez@alumno.buap.mx | Facultad de Enfermería de la BUAP. Puebla, México.
3. <https://orcid.org/0000-0001-8370-8458>, maria.morales@correo.buap.mx | Facultad de Enfermería de la BUAP. Puebla, México.
4. <https://orcid.org/0000-0002-6658-6214>, bgsolano@hotmail.com | Facultad de Enfermería de la BUAP. Puebla, México.
5. <https://orcid.org/0000-0001-5508-3673>, brenda.resendiz@buap.mx | Facultad de Enfermería de la BUAP. Puebla, México.

Feasibility of an Educational Intervention for Caregivers to Prevent Childhood Obesity

Abstract

Childhood obesity is a global public health problem and is associated with unhealthy lifestyles acquired from an early age (World Health Organization [WHO], 2024; UNICEF, 2024). Caregivers play a decisive role in shaping dietary and physical activity habits; therefore, strengthening their knowledge through educational strategies is essential (Falbe *et al.*, 2015; Denova-Gutiérrez *et al.*, 2023). The aim of this study was to evaluate the technical, operational, and economic feasibility of an educational intervention aimed at caregivers of preschool-aged children in a public school in the state of Puebla, Mexico. An intervention consisting of five face-to-face sessions, each lasting 60 minutes, was designed and implemented. Feasibility was assessed using a structured matrix and two instruments: a sociodemographic questionnaire and a feasibility matrix. The results showed that the school had the necessary physical resources to carry out the intervention, caregiver retention was 65.8 %, and the total implementation cost was affordable, indicating viability. It is concluded that the intervention is feasible and replicable in other preschools with similar conditions, and that caregiver-focused education represents a viable strategy for the prevention of childhood obesity within the school setting.

Keywords: educational intervention, childhood obesity, feasibility, caregivers, nutrition.

Introducción

Contexto mundial de la obesidad infantil

La obesidad infantil ha sido reconocida por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024) como una epidemia global que afecta a países tanto desarrollados como en vías de desarrollo. De acuerdo con datos actualizados, más de 39 millones de niñas y niños menores de cinco años viven con sobrepeso u obesidad (UNICEF, 2024). Este fenómeno ha dejado de ser considerado una condición asociada únicamente a países industrializados; actualmente, las tasas más aceleradas de crecimiento se presentan en países con ingresos medios, donde los estilos de vida se han modificado debido a la urbanización, la falta de acceso a alimentos nutritivos y el incremento en el consumo de comida ultraprocesada (FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF, 2023).

La obesidad infantil constituye un problema complejo, multifactorial y dinámico, influido por condiciones económicas, sociales, culturales, biológicas y familiares. La evidencia científica indica que se asocia con enfermedades crónicas como diabetes tipo 2, hipertensión arterial, dislipidemias, alteraciones respiratorias y afectaciones psicológicas relacionadas con la autoestima y la socialización (Brown

et al., 2021; Denova-Gutiérrez *et al.*, 2023). El exceso de peso en edades tempranas tiene una alta probabilidad de mantenerse en la adolescencia y la adultez, lo que convierte a la obesidad infantil en un predictor de morbilidad futura (OMS, 2024).

Panorama nacional y regional

México se ha posicionado dentro de los países con mayores índices de obesidad infantil. Según datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT), la prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños menores de cinco años aumentó del 7 % en el año 2006 al 37.3 % en 2022 (Lazcano Ponce & Shamah Levy, 2023). Estas cifras representan un desafío para el sistema de salud, ya que las intervenciones preventivas resultan más costo-efectivas que el tratamiento de la obesidad y sus complicaciones (Brown *et al.*, 2021).

En el estado de Puebla, la prevalencia de sobrepeso en la población infantil ha mostrado una tendencia constante al alza. Diversos estudios locales muestran que las familias enfrentan barreras relacionadas con la economía, el acceso limitado a alimentos saludables y el desconocimiento de prácticas

de alimentación equilibrada. Las escuelas, especialmente un preescolar público del estado de Puebla, se convierten en puntos estratégicos para la implementación de intervenciones educativas, ya que reúnen a niños y cuidadores en un mismo espacio y permiten el desarrollo de actividades preventivas.

Justificación del estudio

La primera infancia es una etapa clave en el desarrollo de hábitos alimentarios, preferencias gustativas y patrones de conducta relacionados con la actividad física que pueden mantenerse a lo largo de la vida (Jakobovich *et al.*, 2023; OMS, 2024). En este periodo, los cuidadores cumplen un rol determinante como responsables de la selección, preparación y oferta de alimentos, así como del establecimiento de rutinas de movimiento y regulación del uso de dispositivos electrónicos (Falbe *et al.*, 2015).

A pesar de la relevancia de los cuidadores en la prevención de la obesidad infantil, en México existe escasa evidencia sobre la implementación de intervenciones educativas en espacios escolares que evalúen su factibilidad antes de ser replicadas o escaladas. La factibilidad considera aspectos técnicos, logísticos y económicos que permiten determinar si una intervención puede aplicarse con éxito en condiciones reales. Diversos estudios señalan que la participación activa de los cuidadores incrementa la efectividad de las intervenciones preventivas en obesidad infantil (Falbe *et al.*, 2015; Caldwell *et al.*, 2022).

Evaluar la factibilidad de una intervención permite identificar oportunidades de mejora, reducir riesgos en su ejecución y asegurar que los recursos invertidos se utilicen de manera eficiente (Sekhon *et al.*, 2017). Desde la perspectiva de la disciplina de Enfermería, este estudio brinda elementos prácticos y científicos para fortalecer el rol del profesional como educador en salud.

Fundamentos teóricos y conceptuales

Marco conceptual de la obesidad infantil

La obesidad infantil es una condición caracterizada por la acumulación anormal o excesiva de tejido adiposo que afecta negativamente la salud del niño. Su diagnóstico generalmente se establece mediante el índice de masa corporal (IMC), ajustado por edad y sexo. Valores iguales o superiores al percentil 95 indican obesidad (OMS, 2024). Este parámetro permite estandarizar la medición del crecimiento infantil y compararlo con curvas de referencia inter-

nacionales.

La etiología de la obesidad infantil es multifactorial. La evidencia señala la interacción de factores biológicos (predisposición genética, alteraciones metabólicas), ambientales (disponibilidad alimentaria, publicidad de alimentos ultraprocesados), sociales (nivel socioeconómico, prácticas culturales) y comportamentales (patrones de alimentación, actividad física y uso de pantallas). Desde la salud pública, la obesidad infantil se considera un problema complejo debido a que no se origina únicamente por decisiones individuales, sino por interacciones estructurales donde intervienen políticas alimentarias, entornos escolares y dinámicas familiares (FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF 2023).

Rol del cuidador como agente modulador de hábitos alimentarios

El cuidador es la figura que toma decisiones sobre la compra, selección, preparación y oferta de alimentos. Su influencia abarca aspectos emocionales, sociales y conductuales. El estilo de alimentación parental (autoridad, permisividad o negligencia), el tipo de alimentos disponibles en el hogar y las prácticas durante la alimentación (uso de la comida como recompensa, presión para comer, control excesivo) determinan, en gran medida, la relación del niño con los alimentos (Falbe *et al.*, 2015; Jakobovich *et al.*, 2023).

El cuidador es la figura que toma decisiones sobre la compra, selección, preparación y oferta de alimentos. Su influencia abarca aspectos emocionales, sociales y conductuales. El estilo de alimentación parental (autoridad, permisividad o negligencia), el tipo de alimentos disponibles en el hogar y las prácticas durante la alimentación (uso de la comida como recompensa, presión para comer, control excesivo) determinan, en gran medida, la relación del niño con los alimentos (Falbe *et al.*, 2015; Jakobovich *et al.*, 2023).

Enfoque conceptual de la factibilidad

La factibilidad se refiere al grado en que una intervención puede implementarse con éxito en un contexto determinado, considerando aspectos técnicos, operativos y económicos. Evaluar la factibilidad constituye un paso esencial en el desarrollo de intervenciones en salud, ya que permite anticipar dificultades, optimizar recursos y garantizar la sostenibilidad de los programas (Sekhon *et al.*, 2017). El propósito central fue determinar si la intervención

era factible de implementar en un entorno real, con recursos limitados y dentro del contexto escolar.

La factibilidad se evaluó desde tres dimensiones:

Factibilidad técnica: disponibilidad y suficiencia de recursos materiales, espacio físico, mobiliario y equipos necesarios para ejecutar las sesiones.

Factibilidad operativa: asistencia, participación de los cuidadores y cumplimiento del cronograma establecido.

Factibilidad económica: costos de implementación, verificando que la intervención pudiera realizarse con presupuesto mínimo y sin financiamiento externo.

Metodología

Tipo y diseño de estudio

Se realizó un estudio cuantitativo, descriptivo y transversal, con el objetivo de evaluar la factibilidad de implementar una intervención educativa dirigida a cuidadores de niñas y niños en un preescolar público del estado de Puebla. La intervención tuvo una duración total de cinco semanas y se estructuró en cinco sesiones educativas presenciales, con una duración de 60 minutos cada una. El diseño descriptivo transversal es ampliamente utilizado para evaluar factibilidad y aceptabilidad de intervenciones en contextos reales (Creswell & Plano Clark, 2018).

Participantes y muestreo

Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia. Los criterios de inclusión fueron: cuidadores principales de niñas y niños inscritos en un preescolar público del estado de Puebla, asistentes a las sesiones educativas y aceptación de participación mediante consentimiento informado. La muestra final estuvo conformada por 25 cuidadores. Los criterios de inclusión y exclusión considerados para la selección de los participantes se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1.
Criterios de inclusión y exclusión de participantes

Criterios	Descripción
Inclusión	Ser cuidador principal del menor, disponibilidad de asistir a sesiones, firma de consentimiento informado.
Exclusión	Ausencias repetidas a sesiones, retiro voluntario.

Instrumentos de recolección de datos

Se emplearon dos instrumentos:

1. Ficha sociodemográfica del cuidador: edad, escolaridad, ocupación, número de hijos.
2. Matriz de evaluación de factibilidad: evaluó la factibilidad técnica y operativa (espacio, materiales, interacción, duración).

Procedimiento

El estudio se realizó en tres fases:

1. Preparación: reunión informativa con los cuidadores, aplicación de la cédula sociodemográfica y obtención del consentimiento informado.
2. Implementación: desarrollo de cinco sesiones educativas presenciales, una por semana, del 17 de febrero al 28 de marzo de 2025, con duración de 60 minutos cada una.
3. Evaluación: aplicación del cuestionario de aceptabilidad y análisis de la matriz de factibilidad, basada en observaciones y registros de asistencia.

Consideraciones éticas

El estudio cumplió los principios éticos de la Declaración de Helsinki. Se garantizó anonimato, confidencialidad de la información, consentimiento informado y libertad de retiro en cualquier momento.

Resultados

En esta sección se presenta el desarrollo ampliado de los resultados obtenidos durante la implementación de la intervención educativa dirigida a cuidadores en un preescolar público del estado de Puebla. Se describen los hallazgos cuantitativos y el análisis de factibilidad en sus dimensiones técnica, operativa y económica.

Cronograma de implementación de la intervención

La intervención educativa se llevó a cabo durante cinco semanas consecutivas, con una sesión semanal de 60 minutos. La planificación temporal se estructuró de la siguiente forma presentada en la Tabla 2.

Tabla 2.
Cronograma de implementación de la intervención educativa

Semana	Actividades realizadas	Responsable
1	Presentación del proyecto, entrega de consentimiento informado y aplicación de ficha sociodemográfica	Investigadora
2	Sesión educativa 1	Investigadora
3	Sesión educativa 2	Investigadora
4	Sesión educativa 3	Investigadora
5	Sesión educativa 4	Investigadora
6	Sesión educativa 5 + Aplicación de Matriz de factibilidad	

Presupuesto utilizado

El presupuesto de la intervención fue mínimo debido al uso de recursos ya disponibles en el plantel educativo y a la elaboración interna del material. No se requirió financiamiento externo. A continuación, se presenta el desglose de gastos estimados en la Tabla 3.

Tabla 3.
Presupuesto estimado de implementación

Hoja de Costos por Sesión – Intervención “Familias Activas y Saludables”						
Sesión	Concepto	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (MXN)	Subtotal (MXN)
Presentación	Material impreso	Consentimiento informado, Cedula de datos	pieza	30	2	60
Total						60
Sesión 1	Material impreso	Trípticos “Vivir de manera saludable”	pieza	25	10	250
	Papelería general	Hojas, bolígrafos, carpetas	paquete	25	10	250
	Productos para dinámica	jugos, refrescos, lechitas, azúcar, vasos, cucharas	pieza	15	20	300
Total, Sesión 1						\$800
Sesión 2	Material impreso	Folleto “Ser un modelo a seguir”	pieza	25	20	500
	Productos para dinámica	cereales	pieza	10	20	200
Total, Sesión 2						\$700
Sesión 3	Material impreso	Folleto “Comer inteligente, vivir mejor”	pieza	25	10	250
Total, Sesión 3						\$250
Sesión 4	Material impreso	Tríptico “Manejando el estrés...”	pieza	25	10	250
Total, Sesión 4						\$ 250
Sesión 5	Material impreso	Evaluación final, constancias	pieza	50	2	100
Total, Sesión 5						\$ 100
"Costo total estimado de la intervención \$ 2 160"						

El costo total estimado fue de 2 160 pesos mexicanos, lo que demuestra que la intervención es económicamente viable y replicable en otros entornos educativos.

Factibilidad técnica, operativa y económica

La factibilidad de la intervención educativa se evaluó mediante una matriz estructurada con indicadores para tres dimensiones: técnica, operativa y económica.

Factibilidad técnica

La intervención se ejecutó sin contratiempos en un aula del preescolar, con condiciones adecuadas de iluminación, ventilación y mobiliario suficiente para todos los participantes. Se utilizó rotafolio, proyector y marcadores, materiales que ya estaban disponibles en la institución, por lo que no fue necesario adquirir equipo adicional. Las observaciones realizadas durante las sesiones evidenciaron que los cuidadores comprendieron los contenidos y participaron activamente en las actividades prácticas.

Factibilidad operativa

La permanencia del 65.8 % de los cuidadores durante las cuatro sesiones confirma que la logística fue adecuada. El horario asignado (entrada/salida del preescolar) favoreció la asistencia, evitando desplazamientos innecesarios. No se presentaron interrupciones, retrasos o barreras relacionadas con la organización escolar. La interacción grupal fue positiva y se observó interés genuino en aplicar los conocimientos en el hogar.

Factibilidad económica

El costo total fue de \$ 2 160.00 MXN, destinado únicamente a impresiones y material didáctico. No se requirió financiamiento externo, lo que demuestra que la intervención es viable en contextos con recursos limitados y puede replicarse en otros planteles sin afectar presupuestos institucionales.

Resultados de la matriz de factibilidad

Los resultados de la matriz de factibilidad se muestran en la Tabla 4.

Tabla 3.
Resultados de la matriz de factibilidad

Dimensión	Indicador evaluado	Criterio	Resultado
Técnica	Espacio físico y recursos disponibles	Aula equipada y recursos suficientes	Cumplido
Operativa	Permanencia de cuidadores	≥ 60 % de asistencia	65.8 % de permanencia
Económica	Costo total de implementación	≤ \$ 2000 MXN	\$ 2160 MXN

Estos resultados demuestran que la intervención es viable para su implementación y replicación en entornos educativos con recursos limitados.

Análisis narrativo de las gráficas

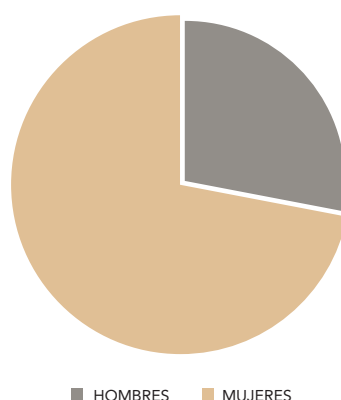


Figura 1.
Distribución de cuidadores por sexo

La Figura 1 muestra que la mayoría de las personas cuidadoras que participaron en la intervención fueron mujeres. Este patrón coincide con lo reportado en estudios donde las mujeres asumen predominantemente el rol de cuidadoras principales (Falbe *et al.*, 2015; UNICEF, 2024), especialmente en temas relacionados con alimentación, preparación de alimentos y asistencia escolar. La participación masculina (28 %) representa una oportunidad de ampliar estrategias que involucren a padres y figuras masculinas en la prevención de la obesidad infantil.

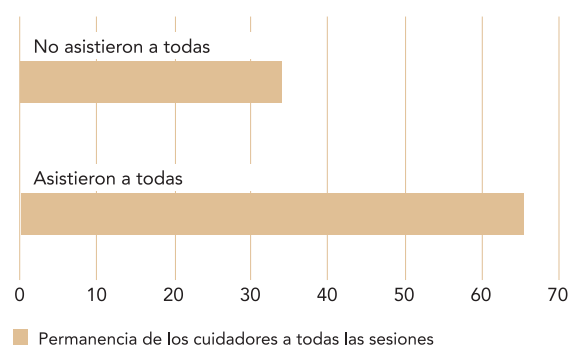


Figura 2.
Permanencia de cuidadores en total de sesiones

La Figura 2 evidencia una permanencia del 65.8 % en las sesiones de la intervención. La consistencia en la asistencia sugiere una disposición favorable para participar en procesos educativos relacionados con salud y nutrición, lo que fortalece el análisis de factibilidad operativa. La asistencia uniforme también indica que el horario, la modalidad, el lenguaje y la duración de las sesiones resultaron adecuados para la población participante.

Resultados de la matriz de factibilidad

El análisis de factibilidad se realizó mediante una matriz diseñada para evaluar tres dimensiones: técnica, operativa y económica. Los resultados obtenidos, presentados en la Tabla 4, se describen a continuación:

- **Factibilidad técnica:** el preescolar contaba con aula, sillas, mesas, proyector y acceso a energía eléctrica. No se requirieron recursos adicionales.
- **Factibilidad operativa:** el 65.8 % de los cuidadores asistió a todas las sesiones, demostrando viabilidad para ejecutar programas breves dentro del horario escolar.
- **Factibilidad económica:** el costo total de implementación fue de \$ 2 160.00 MXN, lo que confirma que la intervención es reproducible sin necesidad de financiamiento externo.

Discusión y aportes

Interpretación de resultados en relación con la literatura

Los resultados de este estudio confirman que una intervención educativa dirigida a cuidadores de niños en edad preescolar es factible desde el punto de vista técnico, operativo y económico, incluso en contextos escolares públicos con recursos limitados. Esta factibilidad se reflejó en la disponibilidad de espacio y materiales para la implementación, la participación sostenida de cuidadores y el bajo costo requerido. Tales hallazgos coinciden con estudios previos que señalan que las intervenciones de educación nutricional en edades tempranas son más efectivas cuando involucran de manera activa a los cuidadores principales, dado que estos influyen directamente en los hábitos alimentarios y el entorno alimentario del niño (Jakobovich *et al.*, 2023).

Estos resultados son consistentes con la evidencia internacional que reconoce a la primera infancia como una etapa crítica para la prevención de la obesidad y a los cuidadores como actores clave en la formación de hábitos alimentarios saludables (Denova-Gutiérrez *et al.*, 2023; OMS, 2024). Diversos estudios de alto impacto han demostrado que las intervenciones centradas exclusivamente en el niño tienen efectos limitados si no se modifica el entorno familiar. En este sentido, la Comisión para la Obesidad Infantil de The Lancet señala que las estrategias más efectivas son aquellas que actúan simultáneamente sobre el hogar, la escuela y los cuidadores, promoviendo cambios sostenibles en el ambiente alimentario y en las prácticas cotidianas. La intervención evaluada en este estudio se alinea con dicho enfoque, al reconocer que los cuidadores son quienes determinan la disponibilidad, preparación y consumo de alimentos dentro del hogar.

La permanencia del 65.8 % de los cuidadores durante las sesiones representa un indicador relevante de factibilidad operativa. Estudios previos reportan que tasas de adherencia entre 50 % y 70 % son comunes en intervenciones comunitarias dirigidas a padres, particularmente cuando se desarrollan en contextos reales y sin incentivos económicos (Hammersley *et al.*, 2019; Jakobovich *et al.*, 2023). La literatura destaca que factores como la duración moderada de las sesiones, el lenguaje claro y la cercanía del espacio educativo influyen directamente en la continuidad de la participación (Sekhon *et al.*, 2017).

En este estudio, el uso del espacio escolar y la coincidencia con los horarios de entrada y salida del preescolar facilitaron la asistencia, lo cual coincide con lo reportado por Caldwell *et al.* (2022), quienes documentaron que las intervenciones implementadas en entornos cotidianos presentan mayor viabilidad y aceptación que aquellas realizadas en espacios externos o clínicos.

El bajo costo total de implementación (\$ 2 160 MXN) refuerza la viabilidad económica de la intervención. La evidencia internacional subraya que las estrategias preventivas de bajo costo son altamente costo-efectivas cuando se comparan con el tratamiento de la obesidad y sus complicaciones a largo plazo (FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF, 2023; UNICEF, 2024). De acuerdo con un análisis publicado en The BMJ, invertir en educación nutricional temprana reduce significativamente la carga futura de enfermedades crónicas no transmisibles y el gasto sanitario asociado (Brown *et al.*, 2021).

En conjunto, los resultados respaldan que la evaluación de factibilidad es un paso imprescindible antes de escalar una intervención educativa, ya que permite identificar anticipadamente la disponibilidad de recursos, la aceptabilidad del formato y la viabilidad de implementación.

Implicaciones para Enfermería

Desde la perspectiva de la enfermería, los resultados confirman el papel del profesional como educador en salud, facilitador del cambio conductual y promotor de la prevención primaria. La literatura reconoce que las intervenciones lideradas por enfermería tienen mayor aceptación cuando integran componentes educativos, participativos y culturalmente adaptados (Denova-Gutiérrez *et al.*, 2023; Pereira & Oliveira, 2021).

Asimismo, los hallazgos se alinean con el Modelo de Promoción de la Salud de Pender, el cual postula que el fortalecimiento del conocimiento y la autoeficacia en los cuidadores incrementa la probabilidad de adopción de conductas saludables. La intervención evaluada no solo fue factible, sino que generó un entorno de aprendizaje activo que favoreció la reflexión sobre prácticas alimentarias, tal como lo recomiendan los marcos conceptuales contemporáneos en promoción de la salud infantil (Sekhon *et al.*, 2017).

Implicaciones teóricas y prácticas

Los hallazgos muestran que evaluar la factibilidad antes de implementar intervenciones más

amplias permite asegurar el uso adecuado de recursos materiales, humanos y económicos. La matriz utilizada permitió identificar condiciones favorables para su implementación, así como elementos que pueden optimizarse en futuras réplicas.

Desde el enfoque práctico, estos resultados sugieren que:

- a. Las intervenciones breves pueden ser aplicadas exitosamente en entorno escolar.
- b. La asistencia y participación activa indican interés por parte de los cuidadores.
- c. Los recursos disponibles en la institución permiten ejecutar programas sin requerir financiamiento externo.

La factibilidad previa representa un paso esencial para garantizar la sostenibilidad y continuidad en programas de promoción de la salud.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio permitieron demostrar la factibilidad técnica, operativa y económica de una intervención educativa dirigida a cuidadores con el objetivo de prevenir la obesidad infantil. La intervención fue aceptada positivamente por los participantes, quienes expresaron satisfacción con los contenidos, la modalidad de enseñanza y la utilidad práctica del aprendizaje. La permanencia del 65.8 % de los cuidadores indica que el contexto escolar es un entorno favorable para desarrollar programas de educación nutricional. La intervención requirió recursos mínimos y utilizó materiales ya disponibles en el preescolar, lo cual confirma su viabilidad en entornos con limitaciones presupuestales.

Además, la intervención evidenció que los cuidadores están dispuestos a involucrarse en acciones preventivas cuando se les proporciona información clara, estrategias prácticas y espacios de participación activa. Este estudio muestra que no es necesario implementar programas complejos o de alto costo para generar impacto, sino, más bien, diseñar actividades breves, accesibles y adaptadas al contexto social y cultural. Los cuidadores identificaron la aplicabilidad de los contenidos en sus hogares y reconocieron su rol como agentes determinantes en la adquisición de hábitos saludables en los niños.

Finalmente, este estudio abre puertas a futuras investigaciones con una muestra más amplia y con seguimiento longitudinal para evaluar si los conocimientos adquiridos se traducen en cambios sostenibles en los hábitos alimentarios y en el estado

nutricional infantil. Evaluar la factibilidad previa a una implementación a mayor escala permite reducir costos, anticipar barreras y aumentar la probabilidad de éxito de los programas educativos en salud. La evidencia generada refuerza que la pre-

vención desde la primera infancia es clave y que la participación activa de los cuidadores es un componente indispensable para combatir la obesidad infantil desde el hogar y la escuela.

Referencias

- Brown, T., Moore, T.H., Hooper, L., Gao, Y., Zayegh, A., Ijaz, S., Elwenspoek, M., Foxen, S.C., Magee, L., O'Malley, C., Waters, E. & Summerbell, C.D. (2021). *Interventions for preventing obesity in children*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001871.pub4>
- Caldwell, A., Terhorst, L., Krall, J., Thum, D., Uman, H., Dodd, J., Haus, E., & Bendixen, R. (2022). Partnering for prevention in under-resourced communities: a randomized pilot study. *Nutrition Journal*, 21(72). <https://doi.org/10.1186/s12937-022-00824-7>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE.
- Denova-Gutiérrez, E., González-Rocha, A., Méndez-Sánchez, L., Araiza-Nava, B., Balderas, N., López, G., Tolentino-Mayo, L., Jauregui, A., Hernández, L., Unikel, C., Bonvecchio, A., Shamah, T., Barquera, S., & Rivera, J. A (2023). Overview of Systematic Reviews of Health Interventions for the Prevention and Treatment of Overweight and Obesity in Children. *Nutrients*, 15(3), 773. <https://doi.org/10.3390/nu15030773>
- Falbe, J., Cadiz, A., Tantoco, N., Thompson, H., & Madsen, K. (2015). Active and Healthy Families: A Randomized Controlled Trial of a Culturally Tailored Obesity Intervention for Latino Children. *Academic Pediatrics*, 15(4), 386-395. <https://doi.org/10.1016/j.acap.2015.02.004>
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF (2023). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023. Urbanización, transformación de los sistemas agroalimentarios y dietas saludables a lo largo del continuo rural-urbano*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc3017es>
- Hammersley, M.L., Okely, A.D., Batterham, M.J., & Jones, R.A. (2019). Internet-based childhood obesity prevention program (Time2bHealthy) for Parents of Preschool-Aged Children: Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research*, 21(10), e11964. <https://doi.org/10.2196/11964>
- Jakobovich, R., Berry, E.M., Levita, A., & Levin-Zamir, D. (2023). Developing healthy lifestyle behaviors in early age—An Intervention Study in Kindergartens. *Nutrients*, 15(11), 2615. <https://doi.org/10.3390/nu15112615>
- Lazcano Ponce, E., & Shamah Levy, T. (2023). *La salud de los mexicanos en cifras: Resultados de la ENSANUT 2022 [The Health of Mexicans in Figures: Results of the 2022 National Health and Nutrition Survey (ENSANUT 2022)]*. Instituto Nacional de Salud Pública.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2024). *Obesidad y sobrepeso (Obesity and Overweight)*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Pereira, A., & Oliveira, A. (2021). Dietary interventions to prevent childhood obesity: A Literature Review. *Nutrients*, 13(10), 3447. <https://doi.org/10.3390/nu13103447>
- Sekhon, M., Cartwright, M., & Francis, J.J. (2017). Acceptability of healthcare interventions: an overview of reviews and development of a theoretical framework. *BMC Health Services Research*, 17(88). <https://doi.org/10.1186/s12913-017-2031-8>
- UNICEF (2024). *Niñez y nutrición: Panorama mundial 2024*. UNICEF.

Diseño y desarrollo de un catéter subcutáneo para hemodiálisis a través de la vena innominada derecha

Gabriela Durán-Aguilar¹; Alberto Rossa-Sierra²

Resumen

El presente estudio aborda una de las problemáticas más críticas en el tratamiento de la enfermedad renal crónica (ERC) avanzada: la elevada tasa de complicaciones infecciosas derivadas de los accesos vasculares convencionales. Estos dispositivos, esenciales para la terapia de reemplazo renal, suelen presentar vulnerabilidades debido a su exposición al entorno exterior, lo que incrementa significativamente el riesgo de morbilidad en los pacientes. Ante esta situación, el trabajo propone el desarrollo de un innovador catéter interno de carácter subcutáneo, diseñado específicamente para mitigar estos riesgos mediante una arquitectura técnica que prioriza el aislamiento biológico. La metodología empleada para validar esta propuesta se fundamenta en una descripción técnica exhaustiva, detallando las características de diseño y los materiales que permiten su funcionamiento óptimo dentro del cuerpo humano. Para garantizar su viabilidad, se llevaron a cabo rigurosas pruebas de simulación que permitieron validar su comportamiento mecánico y operativo bajo condiciones controladas. El resultado de esta investigación es una alternativa tecnológica disruptiva que, al eliminar el contacto directo con el ambiente externo, ofrece una barrera física contra los patógenos. Este avance representa una solución potencialmente más segura para los pacientes que requieren hemodiálisis o terapias afines, reduciendo la recurrencia de infecciones y mejorando la calidad de vida de quienes dependen de estos accesos. En conclusión, la transición hacia sistemas de acceso vascular internos y subcutáneos se perfila como un paso fundamental para optimizar los protocolos de atención nefrológica, ofreciendo un equilibrio entre eficiencia técnica y seguridad clínica en el manejo de la ERC.

Palabras clave: hemodiálisis, vena innominada derecha, catéter, diseño de dispositivo médico, diseño para la salud.

Cómo citar: Durán-Aguilar, G., Rossa-Sierra, A. (2026). Diseño y desarrollo de un catéter subcutáneo para hemodiálisis a través de la vena innominada derecha. En Altamira, J., Calles, M. (Coord.). *Salud y Género: retos y aportes desde la investigación*. High Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/saludgenero10>

1. <https://orcid.org/0000-0001-9009-6664>, gaduran@up.edu.mx | Universidad Panamericana. Facultad de Ingeniería. Jose María Escrivá de Balaguer 101, Villas Bonaterra, Aguascalientes, 20296, México.

2. <https://orcid.org/0000-0003-2535-4756>, lurosa@up.edu.mx | Universidad Panamericana. Facultad de Ingeniería. Álvaro del Portillo 49, Zapopan, Jalisco, 45010, México.

Design and development of a subcutaneous catheter for hemodialysis through the right innominate vein

Abstract

This study addresses one of the most critical challenges in the treatment of advanced Chronic Kidney Disease (CKD): the high rate of infectious complications associated with conventional vascular access devices. These devices, which are essential for renal replacement therapy, often present vulnerabilities due to their exposure to the external environment, significantly increasing the risk of morbidity among patients. In response to this issue, the study proposes the development of an innovative internal subcutaneous catheter specifically designed to mitigate these risks through a technical architecture that prioritizes biological isolation. The methodology employed to validate this proposal is based on a comprehensive technical description detailing the design features and materials that enable its optimal performance within the human body. To ensure its feasibility, rigorous simulation tests were conducted to validate its mechanical and operational behavior under controlled conditions. The outcome of this research is a disruptive technological alternative that, by eliminating direct contact with the external environment, provides a physical barrier against pathogens. This advancement represents a potentially safer solution for patients requiring hemodialysis or related therapies, reducing the recurrence of infections and improving the quality of life of those who depend on such vascular access devices. In conclusion, the transition toward internal and subcutaneous vascular access systems emerges as a fundamental step in optimizing nephrology care protocols, offering a balance between technical efficiency and clinical safety in the management of CKD.

Keywords: hemodialysis, right brachiocephalic vein, catheter, medical device design, healthcare design.

Introducción

Los riñones, órganos vitales para el mantenimiento de la homeostasis corporal, desempeñan múltiples funciones críticas que incluyen la depuración de desechos y toxinas, la regulación del equilibrio hidroelectrolítico y la producción de hormonas esenciales, como las involucradas en el control de la presión arterial (Preminger, 2025).

La disfunción renal, a menudo relacionada con condiciones como la hipertensión, la diabetes y los

trastornos de la filtración glomerular, representa una de las principales causas de insuficiencia renal, caracterizada por una pérdida progresiva de la capacidad de depuración de desechos. La evaluación de la tasa de filtración glomerular (TFG) es crucial para determinar la gravedad de la enfermedad renal, que se clasifica en cinco etapas, siendo la etapa cinco indicativa de un deterioro renal significativo (Ávila Durán *et al.*, 2011).

Tabla 1.
Descripción de las etapas de la enfermedad renal crónica
DaVita Kidney Care, 2025.

Etapas de la ERC	Descripción	Posibles síntomas	TFG
Etapas 1	Daño renal con función renal normal	Hipertensión arterial, hinchazón de las piernas, infecciones de las vías urinarias o análisis de orina anormales	90 o mayor
Etapas 2	Leve pérdida de la función renal		60-89

Etapas de la ERC	Descripción	Posibles síntomas	TFG
Etapas 3	3a: Pérdida de la función renal de leve a moderada; 3b: Pérdida de la función renal de moderada a grave	Recuento sanguíneo bajo, desnutrición, dolor de hueso, dolor inusual, entumecimiento u hormigueo, disminución de la agudeza mental o sensación de malestar	3a: 45-59 y 3b: 30-44
Etapas 4	Pérdida de la función renal grave	Anemia, disminución del apetito, enfermedad ósea o niveles sanguíneos anormales de fósforo, calcio o vitamina D	15-29
Etapas 5 (IRT)	Insuficiencia renal y necesidad de diálisis o trasplante	Uremia, fatiga, dificultad para respirar, náuseas, vómitos, niveles anormales de tiroideas, hinchazón de las manos/piernas/ojos/zona lumbar o dolor en la zona lumbar	Menos de 15

La insuficiencia renal puede manifestarse en dos formas distintas: aguda y crónica. Mientras que la insuficiencia renal aguda se desarrolla de manera súbita y puede ser potencialmente reversible, la forma crónica progresa gradualmente con el tiempo a diferentes velocidades, pudiendo desembocar en la enfermedad renal terminal, para la cual aún no existe una cura definitiva. Sin embargo, existen opciones de tratamiento, incluyendo el trasplante de órganos y la hemodiálisis.

Según la OMS, la insuficiencia renal forma parte de las enfermedades que requieren de cuidados paliativos, al no haber una cura para dicha enfermedad. Se estima que anualmente 40 millones de personas, de las cuales el 78 % viven en países de ingreso bajo o ingreso mediano, requieren de cuidados paliativos (Organización Mundial de la Salud, 2020).

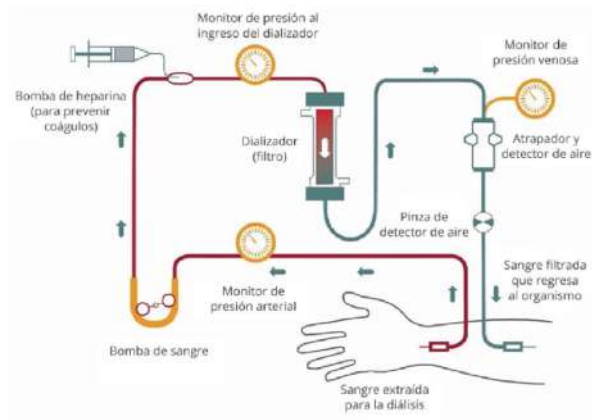
La OMS estima que en América Latina solo un pequeño porcentaje, aproximadamente de 613 pacientes por cada millón de habitantes, tiene acceso a sistemas de tratamiento para la insuficiencia renal. Este número, aunque revelador, resalta una realidad preocupante en la región: la limitada disponibilidad de opciones terapéuticas para una enfermedad que afecta a un número significativo de personas. Los tratamientos para la insuficiencia renal, como la diálisis peritoneal, la hemodiálisis y el trasplante de riñón, son cruciales para mantener la calidad de vida y la supervivencia de los pacientes. Sin embargo, en el sector privado de salud, estos tratamientos pueden ser prohibitivamente costosos, lo que excluye a muchos pacientes de bajos recursos económicos. A nivel del sistema público de salud, si bien algunas instituciones ofrecen tratamientos, la disponibilidad es limitada y las listas de espera suelen ser largas (Organización Mundial de la Salud, 2020).

La enfermedad renal presenta una carga significativa para la salud pública en todo el mundo, afectando aproximadamente a una de cada diez

personas. Este trastorno de salud crónico prevalece particularmente en aquellos diagnosticados con diabetes, hipertensión, mujeres y adultos de edad avanzada, entre otros. En 2017, la enfermedad renal ocupó el preocupante puesto como la duodécima causa de mortalidad a nivel mundial. Sin embargo, se estima que para el año 2040 esta afección podría ascender hasta convertirse en la quinta causa de muerte, planteando desafíos significativos para los sistemas de atención médica y destacando la urgente necesidad de estrategias preventivas y terapéuticas efectivas (Rossing, 2022).

La atención integral de los pacientes con enfermedad renal no solo implica el manejo médico adecuado, sino también consideraciones prácticas, como el mantenimiento y la limpieza de los dispositivos utilizados en tratamientos como la hemodiálisis. Sin embargo, para muchos pacientes, especialmente aquellos cuyas condiciones de vida carecen de higiene y limpieza, esta tarea puede ser un desafío significativo.

Entre los tratamientos disponibles para paliar las enfermedades crónicas, la terapia de hemodiálisis se destaca como una intervención fundamental que ayuda a suplir parcialmente la función renal comprometida, permitiendo a los pacientes prolongar su vida significativamente. Este proceso, que generalmente se realiza varias veces a la semana durante varias horas, contribuye al control de la presión arterial, al equilibrio de los electrolitos y a la purificación de la sangre, filtrando de forma extracorpórea los desechos y el exceso de líquidos a través de un riñón artificial. Para llevar a cabo la hemodiálisis, es esencial contar con un acceso al torrente sanguíneo, que puede lograrse mediante una fístula arteriovenosa, un injerto o un catéter venoso central, cada uno con sus propias características y consideraciones quirúrgicas (National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, s. f.).



National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. (s. f.)

Figura 1.

Esquema de una máquina de diálisis que bombea la sangre a través de un filtro y la devuelve al organismo ya filtrada

En un estudio reciente publicado en 2023, titulado “Complicaciones de fístula arteriovenosa para hemodiálisis” (Rodríguez Cárdenas *et al.*, 2023), se detalla la relación entre la enfermedad renal crónica, en su estado terminal, y la hemodiálisis. Para ello es necesaria la realización de un acceso vascular. Los accesos más utilizados son: 1) la fístula arteriovenosa, creada quirúrgicamente, que consiste en realizar una conexión entre una arteria y una vena, generalmente en el brazo no dominante (Figura 2); este tipo de acceso es recomendado por los especialistas debido a su eficacia y seguridad en un tratamiento donde la enfermedad fue diagnosticada de forma temprana. 2) Una segunda alternativa es el injerto de fístula arteriovenosa, en el cual juega un papel importante el tamaño del vaso sanguíneo del paciente; si este resulta ser de tamaño pequeño, no se podría utilizar esta alternativa, por lo que el cirujano crea una ruta entre una arteria y una vena utilizando un tubo sintético flexible llamado “injerto” (Figura 3). 3) Finalmente, se emplea el catéter venoso central, por motivos de urgencia o bien ante un diagnóstico muy avanzado de la enfermedad, y que consiste en la inserción de un lumen en la vena yugular o subclavia (Figura 4) (Rodríguez Cárdenas *et al.*, 2023).

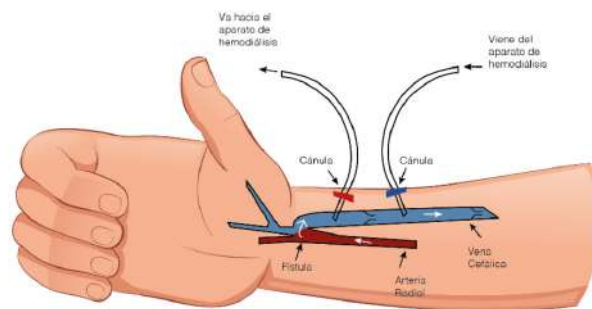


Figura 2.
Fístula arteriovenosa

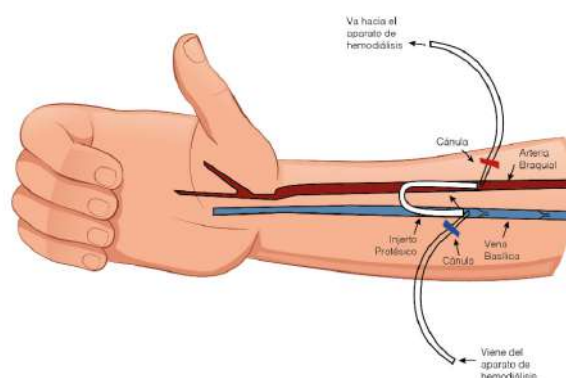


Figura 3.
Injerto protésico

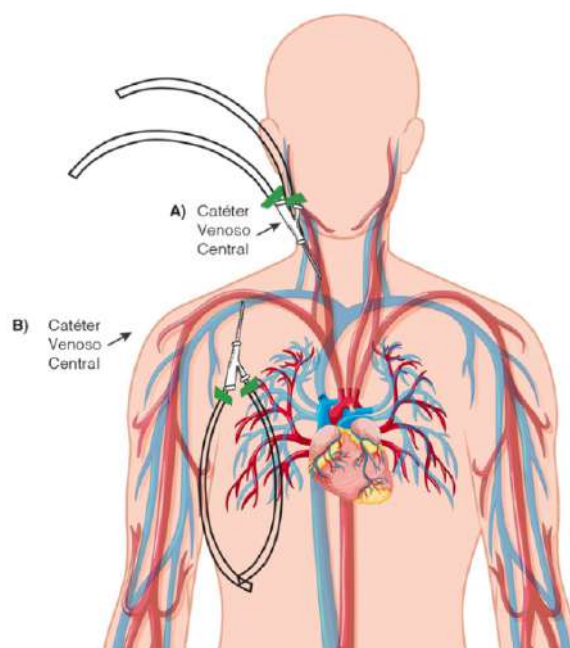


Figura 4.
A) Catéter venoso central en la vena yugular (2024)
B) Catéter venoso central en la vena subclavia

Entre las complejidades asociadas a las fístulas arteriovenosas en tratamientos de hemodiálisis se encuentra la trombosis u oclusión, que es la causa más común de fallo del acceso vascular. Otras posibles complicaciones son: el síndrome de robo arterial, causado por un descenso de la presión de perfusión distal debido al desvío del flujo arterial por el acceso vascular; la aparición de hematomas, que suelen ser secundarios a complicaciones en la técnica de punción o en la extracción de las agujas; y, por último, los aneurismas y pseudoaneurismas, dilataciones anormales de las paredes vasculares (Rodríguez Cárdenas *et al.*, 2023).

En el estudio titulado “Epidemiología de la insuficiencia renal crónica en México”, se examinaron a 11 010 pacientes que fueron sometidos a hemodiálisis. Los hallazgos revelaron que las principales causas de morbilidad reportadas incluyen: síndrome anémico (45 %), infección del acceso vascular (34 %), descontrol hipertensivo (28 %), retención hídrica (12 %), insuficiencia cardíaca (9 %) e hiperfosfatemia severa (7 %). Los accesos vasculares temporales ocuparon el mayor porcentaje de empleo (77 %), seguidos de los definitivos, fístulas (15 %), y los semipermanentes (8 %) (Méndez-Durán *et al.*, 2010).

En su investigación sobre la implantación de catéteres para hemodiálisis en vena innominada, una ruta poco utilizada, Restrepo Valencia y Buritica Barragán (2009) reportan el estudio realizado a tres pacientes con enfermedad renal crónica en terapia de hemodiálisis. Los resultados obtenidos sugieren que la implantación de catéteres centrales es un procedimiento rutinario para la mayoría de los nefrólogos. El abordaje de la vena yugular interna es el más comúnmente utilizado debido a su fácil punción y su baja tasa de complicaciones; la ruta subclavia no es recomendada, puesto que genera una alta tasa de estenosis y trombosis, lo mismo que la ruta femoral. La vena axilar puede ser utilizada para la implantación de catéteres centrales, pero se requiere personal médico familiarizado con su punción para poder acceder a ella. Lo anterior obliga a explorar otras rutas que permitan garantizar a los pacientes en hemodiálisis un acceso satisfactorio, siendo la vena innominada derecha una alternativa poco utilizada, pero que con la práctica puede representar, como lo mencionan en el estudio, una alternativa para pacientes con trombosis en la gran mayoría de los vasos sanguíneos del hemitórax superior (Restrepo Valencia y Buritica Barragán, 2009), e incluso mejorar la calidad de vida de los pacientes sometidos al tratamiento de hemodiálisis que sufren no solo de posibles trombosis, sino de infecciones (34 % de incidencia) o limitantes en su día a día.



Figura 5.
Punción en vena innominada

En conclusión, como se menciona en el estudio realizado en Cuba denominado “Acceso vascular no habitual en pacientes necesitados de hemodiálisis” (González García *et al.*, 2016), lo más importante es que los accesos vasculares deben de tener buena permeabilidad a largo plazo, los dispositivos confeccionados para este fin posean un material poco trombogénico y se coloquen en vasos de alto flujo; además, minimicen las posibilidades de infección.

Metodología

Tras el estudio realizado acerca de los problemas asociados a la terapia de la hemodiálisis y basándose en los estudios previos presentados por Restrepo Valencia y Buritica Barragán (2009) sobre la utilización de la vena innominada para proceder a dicho tratamiento, se busca diseñar un catéter que pueda ser implantado en el paciente y dé acceso a dicha vena, facilitando la terapia. Este catéter deberá favorecer el trabajo tanto de los médicos como de las enfermeras y técnicos auxiliares, y asimismo implique una mejor calidad de vida en el paciente.

La metodología elegida para el desarrollo del proceso de diseño fue seleccionada pensando en la manera más eficaz del producto a elaborar, ya que la intención de este es que pueda estar una cantidad de años dentro del cuerpo del paciente.

La metodología de Doble Diamante del Consejo Británico de Diseño fue desarrollada en el año 2004 y hace referencia a acciones divergentes y convergentes en el proceso de generar ideas en el diseño. “El marco de innovación del Consejo Británico de Diseño también incluye los principios y métodos de diseño clave que los diseñadores y no diseñadores deben aportar, y la cultura de trabajo ideal necesaria para lograr un cambio positivo significativo y duradero [...]” (Design Council, s. f.).

Esta metodología cuenta con cuatro etapas divididas en dos diamantes: descubrir, definir, desarrollar y entregar; en el primer diamante se

localizan las etapas de desarrollo e ideación, a las cuales se les considera divergentes; en el segundo diamante, la etapa de construcción y una solución validada se consideran convergentes. Esta división quiere decir que el primer diamante, en su etapa de descubrir, plantea la comprensión del problema, utilizando la descripción del usuario desde su perspectiva. En la etapa de definir, se reúne la información obtenida en la primera etapa para darle un sentido; refleja una visión global sobre un tema de estudio, se identifican las necesidades del usuario, tomando en cuenta cómo ellos entienden los diversos aspectos, cómo asocian o dan solución a la problemática (Design Council, s. f.) (Figura 6). En el segundo diamante, donde se localizan las etapas de desarrollo y entrega, se encuentra el diseño y la validación de una solución que parte y es de la sociedad.

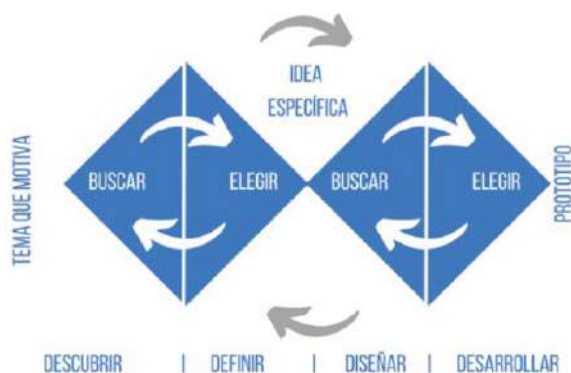


Figura 6.
Design Council (s. f.).

Proceso

Al inicio de la fase de implementación, trazada por la metodología seleccionada, se comenzó por conocer el proceso de hemodiálisis y su función, así como los diferentes tipos de herramientas que existen para extraer la sangre y regresarla al cuerpo una vez tratada por la máquina de hemodiálisis, tomando en cuenta las ventajas y desventajas de los productos.

A su vez, el catéter deberá cumplir los siguientes requisitos: 1) disponer de dos zonas, una de extracción y otra de retorno de la sangre una vez filtrada; 2) un sistema de entrada para poder acceder a la zona de extracción; 3) conexión del catéter con la vena innominada mediante los lúmenes ya existentes en el mercado; 4) tamaño adecuado para poder introducirlo en el paciente; 5) elección de los biomateriales adecuados para

la realización del prototipo, y 6) estudio de la simulación del flujo sanguíneo.

Tras la realización de numerosos sketches, se llegó a una primera versión del catéter, como se muestra en la Figura 7.

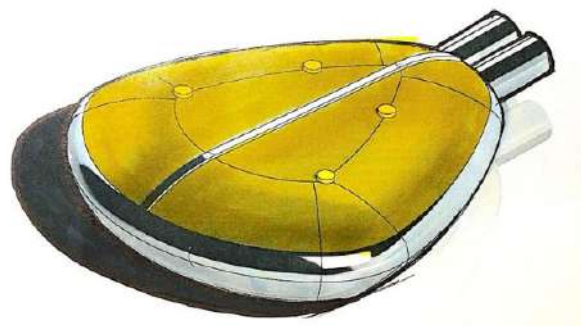


Figura 7.
Boceto de la primera versión, se ha dividido el catéter en dos secciones: Para la extracción y retorno de la sangre respectivamente. En la tapa superior se propone el uso de un material elastomérico que resista las constantes punciones. Así también se propone que la tapa tenga marcas o relieves que puedan servir como indicadores que sean notorias al colocarlo bajo la piel.

Con objeto de tener una primera referencia de las dimensiones del catéter y poder obtener retroalimentación de médicos y personal especialista en esta enfermedad, se desarrolló un prototipo escala 1:1 (ver Figura 8). Para la fabricación del prototipo mediante impresión 3D, se seleccionó el material Eastman Tritan™ Copolyester MX731 (Eastman, 2019). La elección de este polímero se fundamenta en sus propiedades fisicoquímicas y biológicas optimizadas para aplicaciones clínicas. Específicamente, el material ofrece certificaciones de biocompatibilidad ISO 10993 y USP Clase VI, además de garantizar una composición libre de Bisfenol A (BPA), BPS y halógenos.

Desde el punto de vista mecánico y operativo, el MX731 fue seleccionado por su alta resistencia al impacto y su estabilidad hidrolítica, lo que le confiere una durabilidad superior frente a copoliésteres tradicionales. Asimismo, el material presenta una resistencia química notable ante lípidos y desinfectantes oncológicos u hospitalarios agresivos, y mantiene su integridad estructural y óptica tras someterse a métodos de esterilización rigurosos, como la radiación gamma y el óxido de etileno (EtO). Finalmente, sus características de flujo y viscosidad facilitan el procesamiento en manufactura aditiva, permitiendo la creación de geometrías complejas con alta precisión dimensional.



Figura 8.
Impresión escala 1:1 de la primera versión

La evaluación de la versión inicial del prototipo por parte del equipo de asesores resultó positiva. El comité validó la adecuación del dimensionamiento general del catéter para la anatomía humana, confirmó la viabilidad de la conexión a la vena innominada y destacó la ausencia de soluciones previas similares en el estado del arte.

Basándose en la retroalimentación técnica recibida, se implementaron ajustes en el diseño. Se modificó la altura del dispositivo para evitar potenciales interferencias mecánicas con la aguja de la máquina de hemodiálisis durante su operación. Para la manufactura de los componentes estructurales que requieren altas prestaciones mecánicas, resistencia térmica y estabilidad química, se seleccionó el termoplástico de ingeniería PEEK (polieteretercetona), específicamente la referencia TECAPEEK (Ensinger, s. f.). Adicionalmente, se proveyó al dispositivo de una tapa fabricada mediante impresión aditiva en un material flexible, diseñada para facilitar el procedimiento de punción (ver Figura 9).

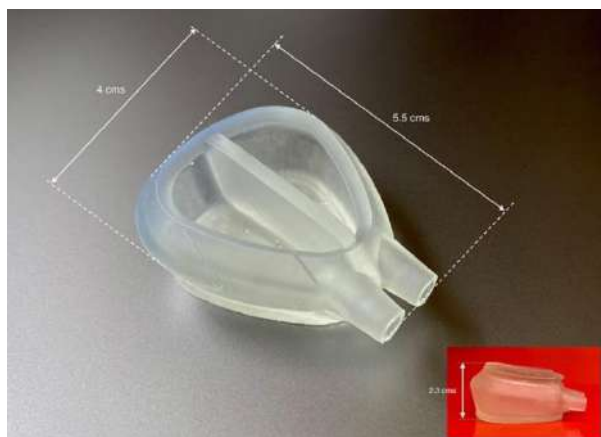


Figura 9.
Impresión de la segunda versión del diseño, corrección de altura y grosores e implementación de simbología en la parte superior de la tapa para la lectura correcta de la punción de las agujas para la máquina de hemodiálisis.

Las cámaras interiores presentan paredes continuas, eliminando esquinas que en principio propiciarían la acumulación de solutos sanguíneos (estudio posterior recogido en el apartado de Simulación). Las paredes se curvan suavemente desde el piso hasta el septum.

Las paredes ofrecen la rigidez necesaria sin aumentar excesivamente las dimensiones. La altura de las cámaras se determinó tras pruebas de punciones a distintas altitudes, asegurando un tamaño adecuado que permita una fácil punción sin resultar intrusivo para el paciente.

El diseño del puerto se caracteriza por una cavidad cónica que facilita el flujo sanguíneo, con una sección transversal mayor en la entrada que en la salida. Las paredes de las puntas de salida del puerto mantienen esta forma cónica, integrándose con la estructura cónica de las cámaras. La base del puerto está diseñada para maximizar el contacto con el tejido del paciente y promover mayor estabilidad.

Como resultado del análisis realizado para una correcta conexión con la vena innominada y resolver los posibles inconvenientes de trombosis venosa y problemas antes mencionados, se obtuvo una tercera propuesta de diseño, que a continuación se detalla (ver Figura 10), así como su prototipo (ver Figura 11).

Se pudo observar que la forma de gota de agua facilitaba el proceso de flujo de la hemodiálisis. Se trata de un diseño bioinspirado, siguiendo la geometría de la subclavia y teniendo en cuenta la gravedad como factor facilitador.

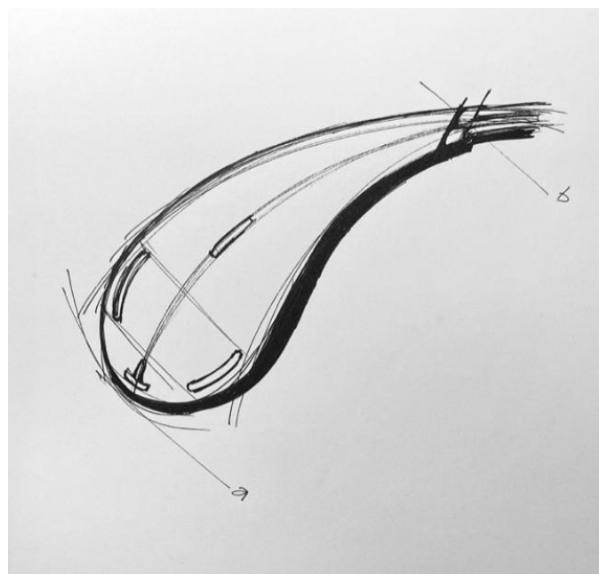


Figura 10.
Boceto de la tercera versión del producto, bioinspirado en la curvatura de la subclavia, aprovechamiento de la gravedad para la eliminación de la posible trombosis e inserción en la vena innominada derecha.



Figura 11. Impresión de la tercera versión del producto e implementación de simbología en la parte superior de la tapa para la lectura correcta de la punción de las agujas para la máquina de hemodiálisis.

Realizada esta tercera versión del catéter se volvió a proceder a la corrección de alturas, grosores, dirección del flujo y forma, dando como resultado la impresión de la versión definitiva del producto (Figura 12).



Figura 12. Impresión a escala 1:1 de la versión final del catéter, corrección de alturas y grosores e implementación de simbología en la parte superior de la tapa para la lectura correcta de la punción de las agujas para la máquina de hemodiálisis.

El diseño en forma de gota se ha concebido para una mejor integración con la anatomía y el lugar de inserción del catéter, situado debajo de la

vena subclavia, con el fin de mejorar el flujo y reducir complicaciones como la trombosis.

El puerto está dividido por un septum. Las dos cámaras separadas por este septum conservan la forma de gota, lo que facilita el flujo sanguíneo al crear una especie de cono alargado y curvado, direccionando la sangre desde la punción hacia la salida del puerto y viceversa. Las paredes del puerto proporcionan rigidez sin aumentar excesivamente las dimensiones. Estas paredes interiores son continuas, sin esquinas, para evitar la acumulación de solutos sanguíneos, con una curvatura que une el piso con las paredes y el septum.

Resultados

En este apartado se recoge la simulación realizada con los distintos diseños y características del catéter.

Simulación de fluidos para la segunda propuesta de diseño

Las figuras 13-19 muestran el estudio para la segunda propuesta de diseño. Los datos de partida son: Velocidad de entrada y salida: $5 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, equivalente a 300 ml/ min. Temperatura de 37°C , similar a temperatura corporal. Calibre de punción de 15G, calibre más grande recomendado en HD. Simulación con sangre, el estudio se ha realizado con el software de diseño SolidWorks®.

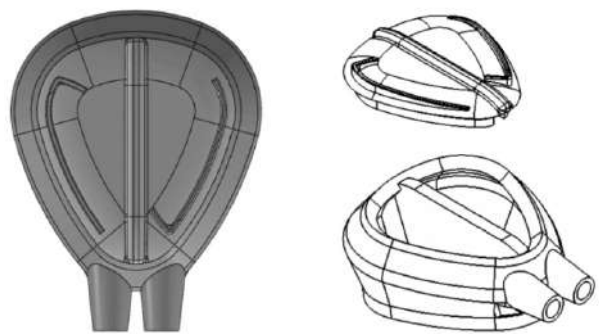


Figura 13. Modelado de la segunda propuesta de diseño, en vista superior (a), tapa (b) y estructura (c)

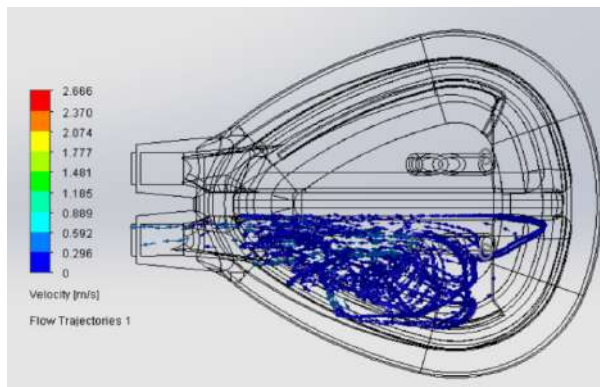


Figura 14. Simulación de fluidos de la segunda propuesta de diseño en vista superior. Simulación de fluido de entrada en la cámara izquierda, los parámetros utilizados simulan los parámetros de la terapia, con una velocidad de 5×10^{-6} m³/s que simulan los 300 ml/min que proporciona la máquina de hemodiálisis y un calibre de 15G para la entrada del flujo que simula el calibre de la punción. Se observa una correcta circulación desde la punción a la salida del puerto.

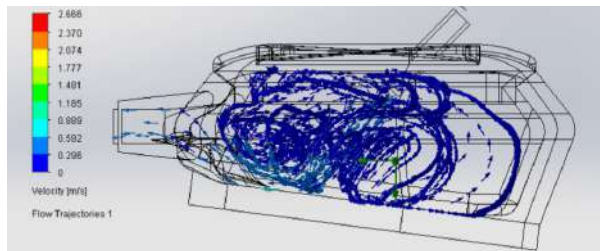


Figura 15. Simulación de fluidos de la segunda propuesta de diseño, vista lateral. Simulación de fluido de entrada en la cámara izquierda. Se observa una adecuada circulación desde la punción hasta la salida del puerto; no se observan zonas donde se dificulte el tránsito del fluido.

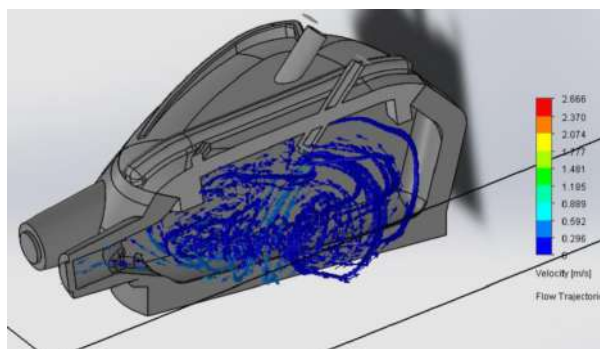


Figura 16. Simulación de fluidos de la segunda propuesta de diseño, vista isométrica. Simulación de fluido de entrada en la cámara izquierda, se observa la circulación desde la punción a la salida del puerto. Se aprecia un aumento de velocidad en la entrada a la cámara y a la salida del puerto, pero no mayor a 5 m/s que rebasaría los 300 ml/min, por lo que no es significativo para generar turbulencia.

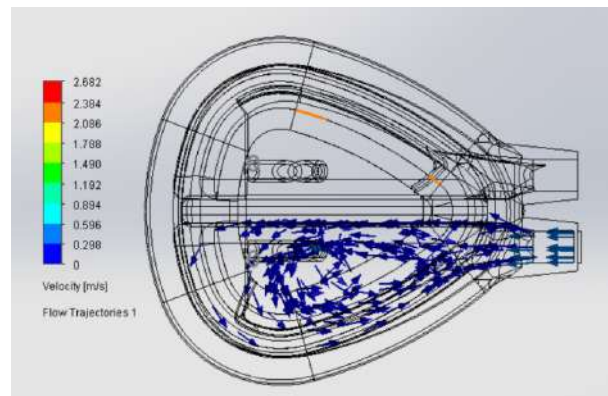


Figura 17. Simulación de fluidos de la segunda propuesta de diseño, vista superior. Simulación de fluido de salida en la cámara derecha. Se observa la circulación desde la salida del puerto hasta la punción.

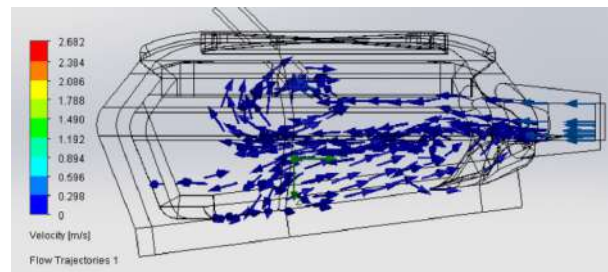


Figura 18. Simulación de fluidos de la segunda propuesta de diseño, vista lateral. Simulación de fluido de salida en la cámara derecha, se observa una circulación continua desde la salida del puerto a la punción.

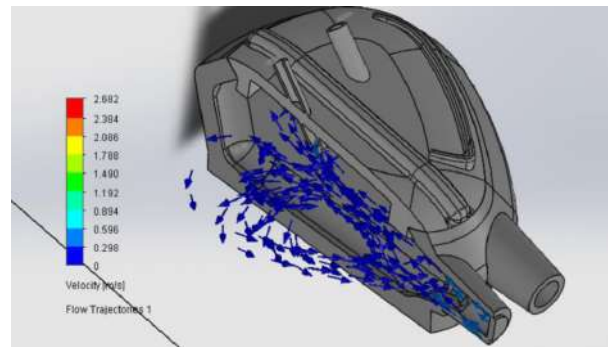


Figura 19. Simulación de fluidos de la segunda propuesta de diseño, vista isométrica. Simulación de fluido de salida en la cámara derecha, se observa una circulación continua desde la salida del puerto a la punción. Se aprecia un aumento de velocidad en la entrada a la cámara y a la salida del puerto, que no es significativo para generar turbulencia.

Simulación de fluidos del diseño final

Las figuras 20-25 muestran el estudio realizado para el diseño final del catéter.

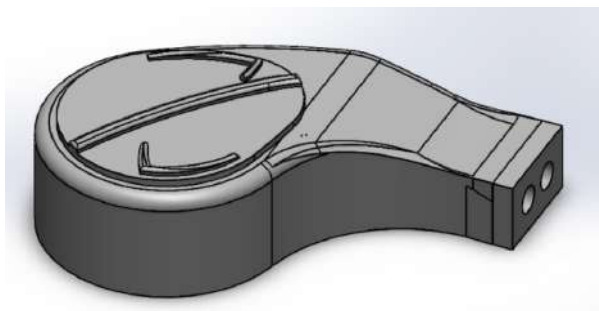


Figura 20.

Simulación de fluidos de la segunda propuesta de diseño, vista isométrica. Simulación de fluido de salida en la cámara derecha. Se observa una circulación continua desde la salida del puerto hasta la punción. Se aprecia un aumento de velocidad en la entrada a la cámara y a la salida del puerto, que no es significativo para generar turbulencia.

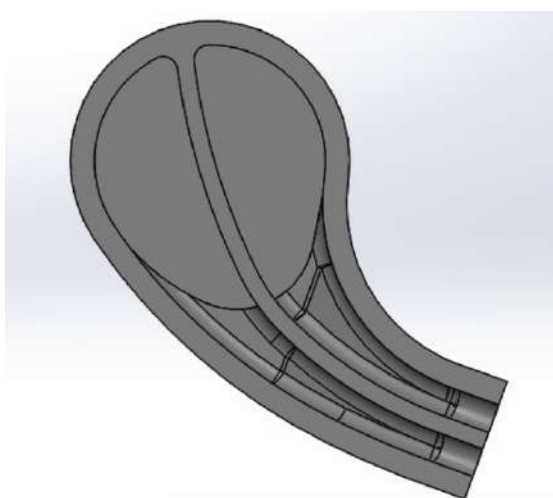


Figura 21.

Modelado de la versión final del catéter, vista inferior en corte, se aprecian los canales para el correcto flujo de la sangre.

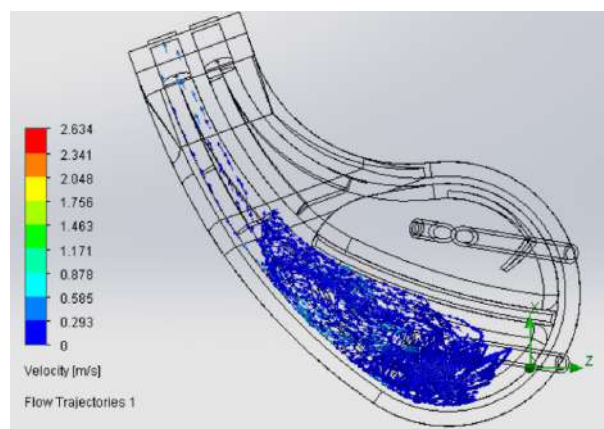


Figura 22.

Simulación de fluidos de la versión final del catéter, vista superior. Simulación de fluido de entrada en la cámara izquierda. Los parámetros utilizados simulan los parámetros de la terapia, con una velocidad de $5e-06 \text{ m}^3/\text{s}$ que simula los 300 ml/min que proporciona la máquina de hemodiálisis y un calibre de 15G para la entrada del flujo que simula el calibre de la punción. Se observa una correcta circulación desde la punción hasta la salida del puerto.

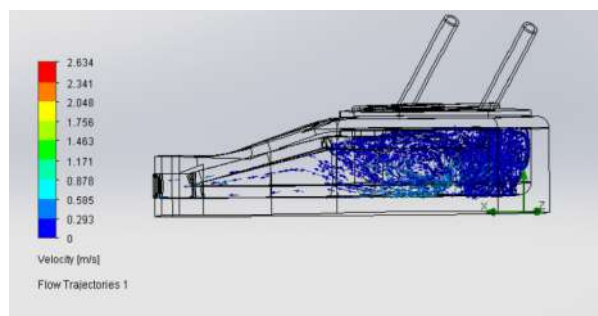


Figura 23.

Simulación de fluidos de entrada (versión final del catéter) en la cámara izquierda. Se observa una apropiada circulación desde la punción hasta la salida del puerto. Se aprecia un aumento de velocidad en la entrada a la cámara y a la salida del puerto, que no es significativo para generar turbulencia, lo cual indica una adecuada velocidad de flujo.

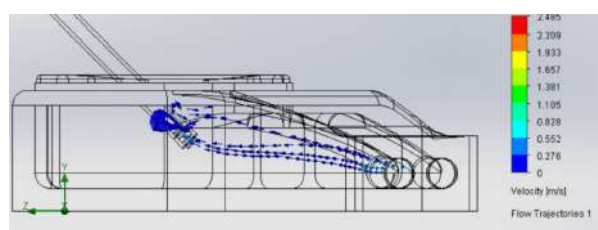


Figura 24.

Simulación de fluido de salida (versión final del catéter) en la cámara derecha. Se observa la circulación desde la salida del puerto hasta la punción, con un adecuado flujo.

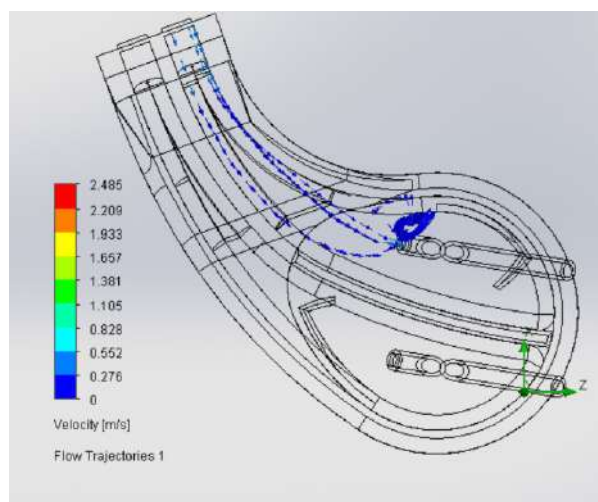


Figura 25.

Simulación de fluido de salida (versión final del catéter) en la cámara derecha. Se observa un flujo óptimo desde la salida del puerto hasta la punción.

Conclusión

La evaluación de la versión preliminar del prototipo por parte del comité de asesores arrojó resultados positivos, validando la adecuación de las dimensiones generales del dispositivo respecto a la anatomía humana, así como la viabilidad técnica de la conexión propuesta a la vena innominada. Asimismo, se destacó el carácter innovador del diseño al no identificarse soluciones equivalentes en el estado del arte actual.

Con base en la retroalimentación técnica, se realizaron ajustes geométricos específicos, mo-

dificando la altura del catéter para eliminar posibles interferencias mecánicas con la aguja de la máquina de hemodiálisis durante el tratamiento. Adicionalmente, se incorporó una tapa fabricada mediante impresión en material flexible para optimizar el proceso de punción. Esta selección de materiales responde a la necesidad crítica de emplear polímeros que garanticen la funcionalidad y biocompatibilidad en aplicaciones de rehabilitación y contacto humano, tal como se establece en la literatura sobre biomateriales médicos (Osorio-Delgado *et al.*, 2017).

Referencias

- Ávila Durán, H. M., Machuca Fernández, L., & Méndez Torres, V. M. (2011). Aspectos psicológicos en pacientes renales crónicos con tratamiento de hemodiálisis (Psychological aspects in chronic kidney patients undergoing hemodialysis treatment). *Revista Información Científica*, 69(1), 1-9. <https://revinfscientifica.sld.cu/index.php/ric/article/view/437>
- DaVita Kidney Care (2025, 11 de diciembre). GFR Calculator (Glomerular Filtration Rate). <https://davi-ta.com/tools/gfr-calculator/>
- Design Council (s. f.). *The Double Diamond*. <https://www.designcouncil.org.uk/our-work/skills-learning/the-double-diamond/>
- Eastman (2019). *Technical Data Sheet Eastman Tritan™ Copolyester MX731*. <https://productcatalog.eastman.com/tds/ProdDatasheet.aspx?product=71070461>
- Ensinger (s. f.). PEEK Polieterecetona. *Plásticos TECAPEEK de Ensinger (PEEK Polyetheretherketone. TECAPEEK Plastics by Ensinger)*. <https://www.ensingerplastics.com/es-es/semielaborados/plasticos-de-altas-prestaciones/peek>
- González García, E.E., Pablo Martínez, Y.G., & Rodríguez Beyris, R.P. (2016). Acceso vascular no habitual en pacientes necesitados de hemodiálisis (Uncommon vascular access in patients who need hemodialysis). *MEDISAN*, 20(9), 2123–2127. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192016000900011
- Méndez-Durán, A., Méndez-Bueno, J.F., Tapia-Yáñez, T., Montes, A.M., & Aguilar-Sánchez, L. (2010). Epidemiología de la insuficiencia renal crónica en México (Epidemiology of chronic kidney failure in Mexico). *Diálisis y Trasplante*, 31(1), 7-11. [https://doi.org/10.1016/s1886-2845\(10\)70004-7](https://doi.org/10.1016/s1886-2845(10)70004-7)
- National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases (s.f.). Hemodiálisis (Hemodialysis). <https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/enfermedades-rinones/insuficiencia-renal/hemodialisis>
- Organización Mundial de la Salud (2020, agosto 5). Cuidados paliativos (palliative care). <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/palliative-care>
- Osorio-Delgado, M.A., Henao-Tamayo, L.J., Velásquez-Cock, J.A., Cañas-Gutierrez, A.I., Restrepo-Múnera, L.M., Gañán-Rojó, P.F., Zuluaga-Gallego, R.O., Ortiz-Trujillo, I.C., & Castro-Herazo, C.I. (2017). Aplicaciones biomédicas de biomateriales poliméricos (Biomedical applications of polymeric biomaterials). *Dyna*, 84(201), 241. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n201.60466>
- Preminger, G.M. (2025, enero 10). *Riñones (kidneys)*. Manual MSD Versión Para Público General. <https://www.msdmanuals.com/es/hogar/trastornos-renales-y-del-tracto-urinario/biolog%C3%A1a-de-los-ri%C3%B1ones-y-de-las-v%C3%ADas-urinarias/ri%C3%B1ones>
- Restrepo Valencia, C.A., & Buritica Barragán, C. (2009). Implantación de catéteres para hemodiálisis en vena innominada: una ruta poco utilizada (Placement of vascular access catheters for haemodialysis in the innominate vein: a little-used approach). *Nefrología*, 29(4), 354–357. <https://revistanefrologia.com/es-implantacion-de-cateteres-para-hemodialisis-articulo-X0211699509003460>
- Rodríguez Cárdenas, J.D., Bustamante Vásquez, C.A., Pincay Intríago, R.M., & Cevallos Flores, J.K. (2023). Complicaciones de fístula arteriovenosa para hemodiálisis (Complications of arteriovenous fistula for hemodialysis). *RECIAMUC*, 7(1), 550-558. https://www.researchgate.net/publication/368401727_Complicaciones_de_fistula_arteriovenosa_para_hemodialisis
- Rossing, P. (2022). Clinical perspective—evolving evidence of mineralocorticoid receptor antagonists in patients with chronic kidney disease and type 2 diabetes. *Kidney International Supplements*, 12(1), 27-35. <https://doi.org/10.1016/j.kisu.2021.11.005>
- Valdez, S. B., Schorr, W. M., Valdez, S. E., & Carrillo, B. M. (2011). *Biomateriales para la rehabilitación del cuerpo humano (Biomaterials for the rehabilitation of the human body)*. Conacyt. http://www.conacyt.mx/revista/ArticulosCompleto/C_Biomateriales.html

Simulación clínica y cognición situada en la formación en salud: una revisión crítica sobre su impacto pedagógico y humano

Cyndi Yacira Meneses Castaño¹; Sandra Milena Garay Contreras²

Resumen

La simulación clínica se ha consolidado como una herramienta pedagógica esencial en la formación en salud, al recrear entornos clínicos complejos que favorecen el aprendizaje situado y la construcción del conocimiento en contextos auténticos. El objetivo de este trabajo fue analizar críticamente la relación entre simulación clínica y cognición situada en la educación de profesionales de la salud. Se realizó una revisión crítica de literatura publicada entre 2018 y 2025, utilizando bases de datos como Scopus, PubMed y SciELO. Los criterios de inclusión consideraron estudios en español e inglés que abordaran la simulación clínica en programas de salud y su vínculo con la cognición situada; se excluyeron artículos sin acceso completo o sin relación directa con la temática. Tras aplicar los filtros de selección, se incluyeron 35 manuscritos, entre revisiones sistemáticas y estudios experimentales. Los hallazgos evidencian que la simulación clínica potencia habilidades técnicas (toma de decisiones y manejo de la incertidumbre) y humanas (empatía, comunicación y trabajo en equipo), con mayor efectividad en escenarios de alta fidelidad para situaciones complejas. No obstante, persisten desafíos relacionados con el costo de los simuladores y la necesidad de formación docente especializada. En conclusión, la simulación clínica, integrada con enfoques como la cognición situada y el aprendizaje experiencial, constituye una estrategia pedagógica clave para la formación integral en salud. Su implementación requiere superar barreras estructurales y promover reformas curriculares que reconozcan su valor técnico y humano, especialmente en países como Colombia, donde puede contribuir a reducir las brechas entre la teoría y la práctica clínica.

Palabras clave: simulación clínica, cognición situada, aprendizaje experiencial, formación en salud.

Cómo citar: Meneses, C., Garay, S. (2026). Simulación clínica y cognición situada en la formación en salud: una revisión crítica sobre su impacto pedagógico y humano. En Altamira, J., Calles, M. (Coord.). *Salud y Género: retos y aportes desde la investigación*. High Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/saludygenero11>

1. <https://orcid.org/0000-0002-9793-8374>, cyndimeca@unisabana.edu.co | Universidad de la Sabana. Fundación Escuela Colombiana de Rehabilitación, Colombia.

2. <https://orcid.org/0000-0002-9352-7607>, sandra.garay@ecr.edu.co | Sandra Milena Garay Contreras. Fundación Escuela Colombiana de Rehabilitación, Colombia.

Clinical simulation and situated cognition in health education: a critical review of its pedagogical and human impact

Abstract

Clinical simulation has become an essential pedagogical tool in health education by recreating complex clinical environments that promote situated learning and the construction of knowledge in authentic contexts. The objective of this study was to critically analyze the relationship between clinical simulation and situated cognition in the education of health professionals. A critical review of the literature published between 2018 and 2025 was conducted using databases such as Scopus, PubMed, and SciELO. The inclusion criteria considered studies published in Spanish and English that addressed clinical simulation in health programs and its relationship with situated cognition; articles without full-text access or without a direct connection to the topic were excluded. After applying the selection filters, 35 manuscripts were included, comprising systematic reviews and experimental studies. The findings show that clinical simulation enhances both technical skills (decision-making and uncertainty management) and human skills (empathy, communication, and teamwork), with greater effectiveness observed in high-fidelity simulation scenarios for complex situations. However, challenges remain, particularly regarding the high cost of simulators and the need for specialized faculty training. In conclusion, clinical simulation, integrated with approaches such as situated cognition and experiential learning, constitutes a key pedagogical strategy for comprehensive health education. Its implementation requires overcoming structural barriers and promoting curricular reforms that recognize its technical and human value, especially in countries such as Colombia, where it can help reduce the gap between theory and clinical practice.

Keywords: clinical simulation, situated cognition, experiential learning, health education.

Introducción

La simulación clínica ha emergido como una estrategia pedagógica clave en la formación de profesionales de la salud. Esta técnica permite recrear escenarios clínicos realistas que facilitan el aprendizaje experiencial, la toma de decisiones y el desarrollo de habilidades técnicas y no técnicas. Por su parte, la cognición situada plantea que el conocimiento se construye en contextos específicos y a través de la interacción con el entorno. Este capítulo explora críticamente el impacto pedagógico y humano de la integración de la simulación clínica con los principios de la cognición situada, con énfasis en la fisioterapia y otras profesiones de la salud.

El uso de tecnologías avanzadas para simular entornos clínicos complejos y realistas ha transformado la educación en salud, permitiendo a los estudiantes aplicar sus conocimientos en contextos relevantes. Esta práctica pedagógica se articula con el desarrollo de la cognición situada, entendida

como la capacidad de aprender en contextos auténticos, donde el conocimiento se construye en interacción con el entorno (Muñoz Gualán & Elías Sierra, 2025).

Diversos estudios han demostrado que la tecnología educativa, aplicada a la simulación clínica, puede transformar la enseñanza y contribuir a la formación de profesionales más empáticos y competentes. Los entornos simulados de alta, media y baja fidelidad replican condiciones clínicas reales, permitiendo el desarrollo de competencias técnicas y habilidades críticas como la toma de decisiones, el manejo de la incertidumbre y el trabajo colaborativo (Meneses *et al.*, 2023).

La simulación clínica no solo mejora las habilidades técnicas, sino que también fortalece competencias humanas esenciales. La empatía, la comunicación efectiva y el trabajo en equipo son cualidades que se desarrollan en estos escenarios, donde los estudiantes enfrentan situaciones que requieren

respuestas integrales y éticas (Flores Fiallos, 2024).

En este sentido, es urgente promover reformas curriculares que integren de manera efectiva la simulación clínica en los programas de formación. Esta metodología, mediada por tecnología, aporta significativamente al desarrollo de la cognición situada, al permitir que los estudiantes vivan experiencias que simulan la práctica clínica real (Muñoz Gualán & Elías Sierra, 2025).

La transformación curricular debe considerar la simulación clínica no solo como una herramienta técnica, sino como una vía para desarrollar capacidades humanas. Esta perspectiva es clave para diseñar políticas educativas innovadoras que utilicen tecnologías avanzadas en la formación de profesionales en salud, especialmente en países como Colombia, donde los desafíos estructurales requieren soluciones creativas y contextualizadas (Meneses Castaño & Jiménez Becerra, 2024).

La combinación de simulación clínica con escenarios experienciales aporta de manera significativa al aprendizaje situado. Los estudiantes que participan en simulaciones logran trasladar lo aprendido a contextos clínicos reales, evidenciando el desarrollo de la cognición situada (Meneses Castaño *et al.*, 2023).

Los niveles de fidelidad en la simulación clínica influyen de manera distinta en el desarrollo de habilidades. Los escenarios de alta fidelidad tienen un impacto más fuerte en la preparación para enfrentar situaciones complejas, mientras que los de media y baja fidelidad son efectivos para el desarrollo de competencias básicas (Coro Montanet *et al.*, 2020).

Sin embargo, las diferencias socioeconómicas y culturales afectan la adopción y efectividad de la simulación clínica. En Colombia, por ejemplo, las limitaciones financieras y estructurales dificultan la implementación equitativa de estas tecnologías. Es necesario discutir cómo las instituciones educativas pueden superar estos obstáculos para garantizar una formación de calidad para todos los estudiantes (Meneses Castaño & Jiménez Becerra, 2024).

Estas reflexiones abren líneas para futuras investigaciones sobre el uso de la simulación clínica en otros campos de la salud. Es fundamental explorar cómo este enfoque puede integrarse más profundamente en los programas curriculares y cómo contribuye al desarrollo de competencias no técnicas, como la inteligencia emocional y el manejo de situaciones de alta presión (Flores Fiallos, 2024).

Las instituciones universitarias y sus centros de simulación clínica deben mejorar la implementación de esta metodología, considerando tanto sus ventajas como sus limitaciones. El alto costo de los

simuladores y la necesidad de capacitación docente son desafíos que deben abordarse para garantizar el adecuado desarrollo de la simulación clínica como estrategia pedagógica (Muñoz Gualán & Elías Sierra, 2025).

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) juegan un papel clave en el desarrollo de capacidades humanas. La simulación clínica, como herramienta educativa, permite proponer estrategias innovadoras que preparan a los estudiantes para situaciones clínicas complejas y los entrenan en competencias humanas esenciales como la empatía. Esta relación entre tecnología y sociedad invita a repensar la educación desde una perspectiva más integral (Meneses Castaño *et al.*, 2023).

Desde esta mirada, las tecnologías educativas como la simulación clínica pueden mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en salud. Esto implica comprender las dinámicas de interacción entre tecnología, aprendizaje y contexto, facilitando un aprendizaje más contextualizado y relevante. La integración de teorías como el aprendizaje experiencial y la cognición situada en la simulación clínica permite reconocer que el aprendizaje ocurre en relación con el entorno, las actividades y la cultura en la que se desarrolla (Muñoz Gualán & Elías Sierra, 2025). Una síntesis de los elementos que se articulan puede apreciarse en la Figura 1.

No obstante, persisten desafíos en la adopción de estas tecnologías. El acceso limitado a simuladores avanzados, el costo elevado y la necesidad de capacitación docente son barreras que deben superarse para disminuir la brecha entre la enseñanza teórica y la práctica clínica real. La simulación clínica puede actuar como un puente que conecta ambos mundos, mejorando el aprendizaje situado (Flores Fiallos, 2024).

Las relaciones entre el conocimiento contextual, el aprendizaje experiencial y las habilidades clínicas están bien delineadas en los escenarios de simulación clínica. Es fundamental que estas experiencias se integren con el desarrollo de la cognición situada, para que el estudiante logre un aprendizaje auténtico y significativo, desarrollado progresivamente a lo largo de su formación (Coro Montanet *et al.*, 2020).

Finalmente, la simulación clínica enfocada en la cognición situada puede generar resultados significativos en el desarrollo de competencias técnicas y humanas. La empatía, como cualidad esencial del profesional en salud, se fortalece en estos escenarios, diferenciando al ser humano de la tecnología. En tiempos donde la empatía es más necesaria que nunca, la simulación clínica se presenta como una herramienta poderosa para formar pro-

profesionales íntegros y comprometidos con el cuidado de los demás (Meneses Castaño *et al.*, 2023).

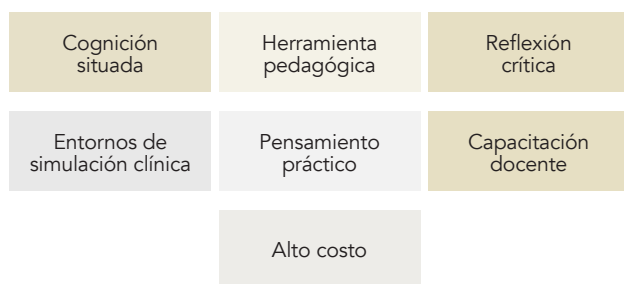


Figura 1.
Hallazgos de la literatura gris.

Fundamentos teóricos de la simulación clínica

En la sociedad actual, la educación en el ámbito de la salud ha adquirido un rol de vital importancia frente a la preparación de profesionales competentes en disciplinas como medicina, enfermería, fisioterapia, terapia ocupacional y fonoaudiología. Dentro de la educación superior, ha sido evidente un incremento en la aplicación de tecnología basada en simulación, empleando maniqués, simuladores virtuales y contextos clínicos simulados, con el propósito de instruir a estudiantes en campos de la salud. Se ha constatado que estas formas metodológicas contribuyen a mejorar la comprensión teórico-práctica, las aptitudes clínicas, la confianza personal, el rendimiento y la seguridad del paciente (Alfonso y Martínez, 2015).

Al ahondar en el uso de las tecnologías desde el contexto de la didáctica aplicada al campo de la rehabilitación, se encuentra el uso de modelos didácticos para la enseñanza basados en simulación clínica, como escenarios que incentivan el pensamiento crítico (Jiménez-Becerra y Segovia-Cifuentes, 2020). A partir de ahí, los profesores universitarios pueden contribuir a desarrollar en los estudiantes competencias no técnicas como la motivación, la inteligencia emocional y la comunicación efectiva, en diálogo con el desarrollo de inteligencias múltiples intra e interpersonal, situacional, cognoscitiva y afectivo-social (Alfonso-Mora *et al.*, 2020).

Los orígenes de la simulación clínica se remontan a la década de 1960, cuando se comenzaron a utilizar maniqués simples en la profesión médica para practicar procedimientos básicos. Desde los años 90, la simulación clínica tuvo un avance significativo gracias a los progresos en tecnología y pedagogía. Algunos autores exploraron el potencial de la simulación para

mejorar la enseñanza y el aprendizaje en el ámbito de la medicina, destacando la necesidad de crear entornos de aprendizaje auténticos y seguros que permitieran a los estudiantes desarrollar sus habilidades clínicas antes de interactuar con pacientes reales (Meneses *et al.*, 2023).

De acuerdo con The Healthcare Simulation Dictionary propiedad de la Society for Simulation in Healthcare (SSH), la simulación es una técnica que crea una situación o ambiente para permitir que las personas experimenten una representación de un evento real. Su propósito es permitir que los aprendices practiquen, evalúen, prueben y obtengan una mayor comprensión de sistemas o acciones humanas. Para Gaba (2004), desde su estudio en el Centro de Innovación de Simulación de Pacientes de la Universidad de Stanford, la simulación reemplaza o amplía las experiencias reales con experiencias guiadas que evocan o replican aspectos sustanciales del mundo real de una manera interactiva.

Por su parte, el International Nursing Association for Clinical Simulation and Learning (INACSL) la define como una pedagogía que utiliza una o más tipologías para promover, mejorar o validar la progresión de un participante de novato a experto (Durham & Alden, 2013). En el ámbito clínico hay tres categorías de la simulación: a) simulación de baja fidelidad, que permite a los estudiantes adiestrarse en procedimientos y técnicas específicos; b) simulación de media fidelidad, que proporciona entornos y contextos integrales para la atención de la salud de los individuos, y c) simulación de alta fidelidad, que abarca entrenamientos especializados y complejos, incorporando situaciones de salud y procedimientos de mayor envergadura.

Bajo estas ideas, Issenberg *et al.* (2005) realizaron investigaciones pioneras sobre el impacto de los simuladores de alta fidelidad en la adquisición de habilidades clínicas y la mejora de la toma de decisiones. Sin duda, estos estudios resaltaron cómo la simulación no solo permitía la repetición de procedimientos, sino que también promovía la resolución de problemas y la adaptación a situaciones cambiantes, habilidades esenciales en la práctica clínica. De igual manera, Corvetto *et al.* (2013) identifican distintos tipos de simulador y las habilidades que se logran de acuerdo con la técnica de simulación y su uso habitual, donde el desarrollo cognitivo situado del estudiante se ve permeado completamente (Tabla 1).

Tabla 1.
Tipos de simulación clínica

Niveles		0	1	2	3	4	5
Técnica de simulación	Simulaciones escritas	Simuladores de baja fidelidad part task trainers y maniqués básicos		Simuladores de pantallas computacional simulaciones virtuales y simuladores quirúrgicos	Pacientes estandarizados	Simuladores de fidelidad intermedia y maniqués de tamaño real no totalmente interactivos	Simuladores de alta fidelidad y maniqués de tamaño real, totalmente interactivos
Habilidades que se logran	"Cognitivas Pasivas"	Psicomotoras		"Cognitivas Interactivas"	"Psicomotoras Cognitivas Interpersonales"	Parcialmente interactivas, psicomotoras, cognitivas e interpersonales	Interactivas, psicomotoras cognitivas e interpersonales
Uso habitual	"Manejo y diagnóstico de pacientes y evaluación"	Práctica de habilidades		Manejo clínico de habilidades cognitivas	Igual que nivel 2, realización de examen físico, diagnóstico y manejo de pacientes	Igual que nivel 3, habilidades en procedimientos, entrenamiento de simulación full-scale.	Igual que el nivel 4

De manera similar, la simulación introduce componentes esenciales para su aplicación en la educación para la salud. Estos componentes abarcan aspectos como la definición conceptual, la estructuración de contenidos, la formulación de objetivos, la planificación, la construcción de escenarios y la destacada importancia de la retroalimentación o proceso de debriefing (Amaya, 2010). Siendo así, la incorporación de simuladores de alta fidelidad, encargados de replicar la anatomía y las funciones fisiológicas del cuerpo humano, revolucionó la simulación clínica al brindar una experiencia inmersiva y realista para los estudiantes.

El uso pedagógico de las tecnologías permite que las prácticas de enseñanza transiten hacia la simulación, un escenario didáctico desde donde el estudiante puede adquirir activamente el conocimiento (Jiménez Becerra, 2020; Jiménez & Segovia, 2020). En consecuencia, autores como Alfonso-Mora *et al.*, (2020) argumentan que la simulación fomenta la resolución de problemas y la adaptación a situaciones cambiantes, lo que contribuye a una atención al paciente más segura y efectiva. En este sentido, se reconoce que las bondades del uso didáctico de la simulación clínica se centran en seis aspectos, que son los siguientes:

- Acerca y prepara al estudiante para los contextos y situaciones reales.
- Permite afianzar, comprender y materializar los conceptos aprendidos.
- Fortalece el desarrollo de habilidades esenciales, como tomar decisiones, enriquecer la comunicación, aumentar la empatía, etcétera.
- Posibilita el trabajo disciplinar, interdisciplinar e interprofesional.
- Favorece el pensamiento crítico.

f) El reconocimiento de causa y efecto.

La simulación clínica como enfoque pedagógico no tiene la intención de reemplazar la experiencia adquirida a través de la práctica en entornos de atención con pacientes reales. Su objetivo es proporcionar un enfoque que facilite la aproximación a técnicas y procedimientos, estableciendo patrones de conducta para la repetición de intervenciones (Amaya, 2010); patrones que, a su vez, se consolidarán durante la práctica profesional posterior. Esta perspectiva subraya la importancia de que los educadores no utilicen la simulación únicamente para instruir sobre objetos inanimados. En virtud de ello, se insta a los docentes a no limitarse al empleo de simuladores de baja fidelidad, en cuanto son reproducciones de partes anatómicas humanas destinadas a reforzar procedimientos clínicos en una demostración puramente pasiva.

Contrario a esto, se resalta la necesidad de brindar a los estudiantes la oportunidad no solo de presenciar los procedimientos, sino también de asumirlos e interactuar directamente con los simuladores (Jaguera *et al.*, 2014). Por esta razón, la implementación de estrategias educativas como la simulación clínica mediada por tecnología es considerada esencial para preparar a los profesionales en fisioterapia, con el propósito de asumir los retos que impone esta cibersociedad (Jiménez, 2022). Al proporcionar una formación sólida y basada en experiencias prácticas, se espera que los graduados sean capaces de abordar las necesidades de la población en relación con las afecciones del movimiento corporal humano en diversas áreas de desempeño.

Integración pedagógica: simulación y cognición situada

La integración de ambas estrategias permite un aprendizaje significativo, donde los estudiantes no solo adquieren conocimientos técnicos, sino también habilidades de razonamiento clínico, comunicación y trabajo en equipo.

Los estudios revisados evidencian que la simulación clínica contribuye significativamente al desarrollo de habilidades técnicas (toma de decisiones, manejo de la incertidumbre) y humanas (empatía, comunicación, trabajo en equipo).

Los escenarios de alta fidelidad tienen mayor impacto en la preparación para situaciones clínicas complejas, mientras que los de media y baja fidelidad son efectivos para competencias básicas. Asimismo, se identifican desafíos como el alto costo de los simuladores y la necesidad de capacitación docente.

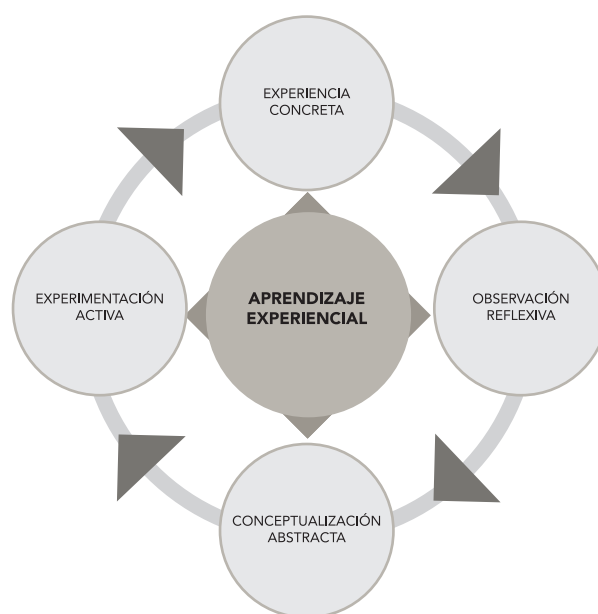
Aunado a lo anterior, se integra una categoría emergente relacionada con las capacidades humanas descritas por (Nussbaum, 2010) y (Nussbaum, 2012), interpretada a la luz de las dinámicas de un escenario tecnosocial. También, bajo las tensiones propias de una sociedad deshumanizada por las tecnologías y el papel de la cognición situada, desde un escenario formativo que intenta responder a las transformaciones sociales. En virtud de ello, se destaca la importancia del desarrollo de los sentidos, la imaginación, los pensamientos, las emociones y control sobre el entorno.

Impacto en la formación en fisioterapia

En fisioterapia, la simulación clínica permite practicar evaluaciones funcionales, técnicas manuales y toma de decisiones terapéuticas en un entorno seguro. La cognición situada potencia este aprendizaje al contextualizarlo en escenarios reales del ejercicio profesional.

A partir de ahí se observa que, si bien la cognición situada es resultado de un conocimiento que surge de una actividad y de los escenarios donde se desarrolla y se utiliza (Brown *et al.*, 1989), los participantes de este estudio destacan la importancia del contexto social y cultural en el que tiene lugar el aprendizaje. Además, identifican el impacto de la tecnología dentro para el reconocimiento teórico y conceptual, la resolución de problemas y la toma de decisiones. También, en el fortalecimiento de habilidades como la percepción y atención al entorno, la colaboración, comunicación y trabajo en equipo, el pensamiento crítico, la reflexión y metacognición; lo cual, en opinión de Díaz-Barriga (2003), permite alcanzar un apren-

dizaje significativo en los diferentes niveles de simulación. Frente a esto, autores como (Lave & Wenger, 1991), plantean que los sujetos construyen el aprendizaje en comunidad, en la medida en que interactúan, comunican e intercambian saberes a través del diálogo y la práctica. Es así como, los diferentes niveles de simulación se presentan como una posibilidad de generar experiencias pedagógicas auténticas, basadas en el encuentro y la experimentación para lograr un aprendizaje cognitivo situado con alcance significativo, auténtico y trascendental (Casal, 2016), tal como se presenta en la Figura 2 con las fases del aprendizaje experiencial según Kolb (1984), el cual, contribuye a generar entornos que aportan a la cognición situada, dado que permite que el conocimiento se integre a situaciones de la vida real profesional.



Fuente: adaptado de Kolb (1984).

Figura 2.
Fases del aprendizaje experiencial

Limitaciones y desafíos

Entre los desafíos se encuentran los altos costos de implementación, la necesidad de formación docente especializada y la evaluación objetiva del aprendizaje en contextos simulados. En países como Colombia, estas barreras se acentúan por limitaciones presupuestarias y falta de infraestructura.

Se requieren políticas institucionales que reconozcan el valor pedagógico de la simulación y promuevan su integración curricular.

La simulación clínica es una estrategia adecuada para el desarrollo de competencias técnicas, procedimentales y profesionales dentro del proceso formativo del fisioterapeuta, teniendo en cuenta la diversidad de estilos de aprendizaje presentes en el aula (Díaz-Barriga, 2003). Dentro de este campo, la mediación tecnológica permite que las prácticas de enseñanza transiten hacia la conformación de escenarios didácticos, donde el estudiante pueda construir de forma activa y situada el conocimiento (Jiménez-Becerra y Segovia-Cifuentes, 2020). En este contexto, el reto que deben asumir las instituciones educativas se traduce en la reformulación de su saber didáctico y, con ello, afrontar eficazmente las nuevas condiciones sociales materializadas en el avance de la ciencia y el desarrollo de las TIC (Jiménez-Becerra y Segovia-Cifuentes, 2020).

Por eso, como lo señalan Jaguera *et al.* (2014), resulta esencial adoptar enfoques que respondan a las necesidades de los futuros fisioterapeutas, desde un escenario pedagógico y didáctico que aporte al desarrollo de competencias para la toma de decisiones y la resolución de problemas. Es decir, mediante prácticas de enseñanza que trasciendan lo instrumental y técnico, hacia un desarrollo integral (cognitivo, emocional y actitudinal) del profesional en formación (Durá, 2013). Sumado a eso, es necesario propiciar criterios didácticos para el uso de la tecnología, como una posibilidad para formar ciudadanos capaces de asumir los retos que implica la sociedad digital (Jiménez-Becerra y Segovia-Cifuentes, 2020).

A su vez, se reconoce el valor de las tecnologías para el desarrollo de la cognición situada, desde su aporte a la construcción del conocimiento, permitiendo su adaptación a las dinámicas de un mundo tecnologizado (Jiménez-Becerra y Segovia-Cifuentes, 2020). De igual manera, se destaca la capacidad de análisis que se espera fomentar con la simulación clínica para el fortalecimiento de capacidades humanas como la empatía social, la sensibilidad humana, la imaginación, la evolución del pensamiento y el control sobre el entorno. Estos beneficios, asociados al desarrollo integral del estudiante en formación, se sintetizan en la Tabla 2. Esto, sin duda, permitirá que el profesional en fisioterapia genere condiciones para el desarrollo de un contexto de humanización del servicio (Nussbaum, 2012).

No obstante, según Sala *et al.* (2021), es cada vez más necesario hacer un uso contextualizado de la simulación clínica, más allá de lo instrumental, pues, como se ha evidenciado en esta investigación, aún existen vacíos a nivel teórico y práctico

que limitan este proceso. De ahí la importancia de establecer un enfoque pedagógico que garantice el desarrollo de la cognición situada mediante una implementación didáctica de los recursos tecnológicos, para fortalecer las capacidades cognitivas y humanas en un mismo nivel de importancia (Gough, 2007). Sumado a eso, es necesario diversificar los escenarios y ofertarlos desde el primer semestre de formación, promoviendo la vinculación de los estudiantes a estos espacios de simulación durante todo su programa académico.

De modo que lo anterior implica generar simulaciones en fisioterapia dentro de entornos que no se limiten únicamente al ámbito clínico, para responder de manera efectiva a la disputa entre el desarrollo instrumentalizado de las competencias técnicas y la automatización de las prácticas (Gough, 2007). Igualmente, se busca favorecer el desarrollo de las capacidades humanas, como una deuda de la tecnología con la formación en el campo de la salud y la rehabilitación (Jiménez-Becerra y Segovia-Cifuentes, 2020). Así pues, se pretende generar transformaciones curriculares que le apuesten al desarrollo de la cognición situada como una potencialidad pedagógica para implementar en la cotidianidad de las aulas de fisioterapia.

Tabla 2.
Beneficios de la simulación clínica en la formación en salud

Beneficio	Descripción
Aprendizaje activo	Fomenta la participación directa del estudiante en su proceso formativo.
Seguridad del paciente	Permite cometer errores sin consecuencias reales, mejorando la seguridad futura.
Desarrollo de habilidades blandas	Fortalece la comunicación, el liderazgo y el trabajo en equipo.
Retroalimentación inmediata	Facilita la mejora continua mediante la reflexión y el análisis de desempeño.

Consideraciones finales

La simulación clínica, cuando se articula con los principios de la cognición situada, se convierte en una herramienta poderosa para la formación integral de los profesionales de la salud. Su implementación debe ser crítica, ética y contextualizada, reconociendo tanto sus beneficios como sus limitaciones. En el campo de la fisioterapia, esta integración favorece el desarrollo de competencias clínicas contextualizadas, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos del entorno real.

En coherencia con Lave y Wenger (1991), el conocimiento se construye mejor cuando surge de situaciones relevantes y reales, desde una comprensión más profunda y contextualizada sobre el papel de lo humano en relación con la tecnología. Es decir, cuando la formación en fisioterapia centra el foco en la interacción, al promover el uso de tecnologías como extensiones de la capacidad profesional para entender y atender las necesidades físicas y emocionales de los pacientes. De esta manera, se promueve la sensibilidad por el otro y se desarrolla la empatía como aspectos esenciales en la formación ciudadana de los futuros fisioterapeutas, donde, sin duda, adquiere un papel trascendental el desarrollo de la capacidad humana por sí misma (Jiménez-Becerra y Segovia-Cifuentes, 2020).

En virtud de lo anterior, la simulación clínica implica un enfoque que aborde no solo los aspectos tecnológicos y logísticos, sino también los pedagógicos y curriculares. Es crucial prestar especial atención al desarrollo de la cognición desde experiencias de cuidado integrales y de calidad, mediante el uso de tecnologías avanzadas que promuevan la eficacia de los tratamientos. A su vez, es necesario integrar prácticas de enseñanza para la resolución de problemas y la toma de decisiones, la percepción y atención al entorno, la colaboración, la comunicación y el trabajo en equipo. Además, se requieren estrategias didácticas que fortalezcan el pensamiento crítico, la reflexión y la metacognición para desarrollar tanto la capacidad cognitiva como la emocional.

Solo mediante un compromiso conjunto de las instituciones educativas, los profesionales de la salud y las organizaciones correspondientes se aprovechará todo el potencial de la simulación clínica para mejorar la atención en fisioterapia. Con ello, se promoverán relaciones más empáticas y personalizadas con los pacientes, como una política centrada en la ética, la justicia y el bienestar humano, en cuanto aspectos que influyen en la transformación social (Nussbaum, 2010). En consecuencia, se requiere una formación profesional donde prime la defensa de la vida buena, conectada a las capacidades humanas (Gough, 2007), como una respuesta al uso de las tecnologías para la humanización en un mundo tecnologizado y a prueba de robots (Aoun, 2017).

Según Aoun (2017), esta perspectiva permitirá a los estudiantes comprender el entorno altamente tecnológico en el que viven y, al mismo tiempo, trascenderlo al potenciar las cualidades intelectuales y mentales inherentes y exclusivas de los seres humanos. En otras palabras, fomentar su capacidad creativa y mentalmente flexible para contribuir,

como ciudadanos, a la resolución de problemas reales (Jiménez-Becerra y Segovia-Cifuentes, 2020). De modo que la simulación clínica debe entenderse como una oportunidad para fomentar la formación de profesionales empáticos y con un conocimiento situado sobre las condiciones de vida de sus comunidades. No obstante, la reformulación de la práctica de simulación clínica en fisioterapia para formar en la cognición situada puede presentar varios desafíos, entre los que destacan:

Diseño de escenarios auténticos. Para lograr una experiencia de simulación clínica que responda, de forma efectiva, al desarrollo de la cognición situada, es crucial construir escenarios que reflejen situaciones clínicas auténticas. Estos espacios deben ser relevantes para la práctica de la fisioterapia y desafiantes para los estudiantes, siendo lo suficientemente realistas para promover la toma de decisiones basada en la cognición situada (Rudolph *et al.*, 2014).

Integración del conocimiento teórico y práctico. La simulación clínica basada en la cognición situada requiere que las personas integren su conocimiento teórico y práctico para tomar decisiones clínicas adecuadas en un entorno simulado. Según Dieckmann *et al.* (2007), esta condición ha representado un desafío pedagógico, en la medida en que los estudiantes pueden tener dificultades para transferir el conocimiento adquirido a las situaciones reales de práctica.

Facilitación del aprendizaje reflexivo. Como lo han evidenciado Fanning y Gaba (2007), la cognición situada implica la capacidad de reflexionar sobre la propia práctica clínica y adaptarse en función de los desafíos contextuales. Es por ello que los educadores deben facilitar el aprendizaje reflexivo durante las sesiones de simulación clínica para ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades de autorreflexión y autorregulación.

Evaluación de habilidades cognitivas. Este es un desafío porque evaluar los aspectos técnicos y procedimentales requiere mecanismos adecuados para evidenciar y valorar la toma de decisiones basada en la cognición situada, la resolución de problemas y el razonamiento clínico (Dieckmann *et al.*, 2007). De ahí que el desarrollo de herramientas de evaluación específicas pueda aportar a este proceso.

Finalmente, otro de los desafíos es considerar el papel de las emociones en el contexto de una apuesta tecnosocial para la formación de fisioterapeutas no solo técnicamente competentes, sino también empáticos y capaces de conectar desde lo humano con sus pacientes. Esto representa una posibilidad para que, desde el Subsistema de CCTS (Ciencia, Cibercultura y Tecnosociedad) del Doc-

torado en Educación y Sociedad, se promueva el desarrollo de estudios para la humanización en salud, en la búsqueda por trascender las prácticas educativas enfocadas en la mecánica y la automatización. Esto incluye el trabajo desde la cognición situada

como base didáctica para el fortalecimiento de las capacidades humanas, que permita la generación de profesionales más empáticos y comprensivos (Meneses Castaño & Jiménez Becerra, 2024).

Referencias

- Alfonso, J. I., y Martínez, J. (2015). Modelos de simulación clínica para la enseñanza de habilidades clínicas en ciencias de la salud (Clinical simulation models for teaching clinical skills in the health sciences). *Revista Movimiento Científico*, 9(2), 70–79. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5524147.pdf>
- Alfonso-Mora, M. L., Castellanos-Garrido, A. L., Nieto, A. D. P. V., Acosta-Otálora, M. L., Sandoval-Cue-llar, C., del Pilar Castellanos-Vega, R., ... y Cobo-Mejía, E. A. (2020). Aprendizaje basado en simu-lación: estrategia pedagógica en fisioterapia. Revisión integrativa (Learning based on simulation: Pedagogical strategy in physiotherapy. An integrated review). *Educación Médica*, 21(6), 357-363. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1575181318303322>
- Amaya, A. (2010). Simulación clínica: Aproximación pedagógica de la simulación clínica. *Universitas Médica*, 51(2), 204–211. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.umed51-2.scap>
- Aoun, J. E. (2017). *Robot-proof: Higher education in the age of artificial intelligence*. MIT Press.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32–42. <https://doi.org/10.3102/0013189X018001032>
- Casal, M. C. (2016). *La simulación como metodología para el aprendizaje de habilidades no técnicas en enfermería (Simulation as a methodology for learning non-technical skills in nursing)* [Tesis doctoral, Universitat de València]. <https://portalinvestigacion.um.es/documentos/5eb09cd-d2999527641120ef2?lang=gl>
- Coro Montanet, G., Bartolomé Villar, B., García Hoyos, F., Sánchez Ituarte, J., Torres Moreta, L., Méndez Zunino, M., ... y Pardo Monedero, M. J. (2020). Indicadores para medir fidelidad en escenarios simulados. *FEM: Revista de la Fundación Educación Médica*, 23(3), 141-149. https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S2014-98322020000300008&script=sci_arttext&tlng=pt
- Corvetto, M.A., Bravo, M.P., Montaña, R., Utili, F., Escudero, E., Boza, C., Varas, J. & Dagnino, J. (2013). Simulación en educación médica: una sinopsis (Simulation in medical education: a synopsis). *Revista Médica de Chile*, 141(1), 70-79. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872013000100010>
- Díaz-Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo (Situated cognition and strategies for meaningful learning). *Revista electrónica de investigación educativa*, 5(2), 1-13. <https://www.redalyc.org/pdf/155/15550207.pdf>
- Dieckmann, P., Gaba, D., & Rall, M. (2007). Deepening the theoretical foundations of patient simulation as social practice. *Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, 2(3), 183-193. <https://doi.org/10.1097/SIH.0b013e3180f637f5>
- Durá, M. J. (2013). *La simulación clínica como metodología de aprendizaje y adquisición de competencias en enfermería (Clinical simulation as a methodology for learning and acquiring competencies in nursing)* [Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid]. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/22989/>
- Durham, C. F., & Alden, K. R. (2013). Enhancing patient safety in nursing education through patient simulation. In R. C. Hughes (Ed.), *Patient safety and quality: An evidence-based handbook for nurses* (pp. 221–260). Agency for Healthcare Research and Quality. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK2686/?report=reader>
- Fanning, R. M., y Gaba, D. M. (2007). The role of debriefing in simulation-based learning. *Simulation in Healthcare*, 2(2), 115–125. <https://doi.org/10.1097/SIH.0b013e3180315539>
- Flores Fiallos, S. L. (2024). Simulación clínica en la formación de profesionales de la salud: explorando beneficios y desafíos. *Revista Salud y Desarrollo Humano*, 5(2), 124–139. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i2.124>
- Gaba, D.M. (2004). The future vision of simulation in health care. *BMJ Quality & Safety*, 13(Suppl 1), i2–i10. <https://doi.org/10.1136/qshc.2004.009878>
- Gough, D. (2007). Weight of evidence: A framework for the appraisal of the quality and relevance of evidence. *Research Papers in Education*, 22(2), 213-228. <https://doi.org/10.1080/02671520701296189>
- Issenberg, S.B., McGaghie, W.C., Petrusa, E.R., Gordon, D.L., & Scalese, R.J. (2005). Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Medical Teacher*, 27(1), 10-28. <https://doi.org/10.1080/01421590500046924>
- Jaguera, L., Díaz, J., Pérez, M., Leal, C., Rojo, A., y Echavarría, P. (2014). La simulación clínica como herramienta pedagógica. Percepción de los alumnos de Grado en Enfermería en la UCAM (Universidad Católica San Antonio de Murcia). *Enfermería Global*, 13(33), 175-190. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1695-61412014000100008
- Jiménez, I. (2022). Cyber-culture and technosociety: Trends, challenges, and alternative research challenges to consolidate possible citizenship. *Sociología y Tecnociencia*, 12(2), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.soteci.2022.100001>

org/10.24197/st.2.2022.1-19

- Jiménez-Becerra, I.J. (2020). Modelo didáctico tecnosocial: una experiencia de educación para la ciudadanía con jóvenes universitarios desde el estudio de los conflictos sociales. *El Futuro del Pasado: revista electrónica de historia*, (11), 637–658. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7556614>
- Jiménez-Becerra, I., y Segovia-Cifuentes, Y. D. M. (2020). *Models of didactic integration with ICT mediation: some innovation challenges in teaching practices (Modelos de integración didáctica con mediación TIC: algunos retos de innovación en las prácticas de enseñanza)*. *Culture and Education*, 32(3), 399-440. <https://doi.org/10.1080/11356405.2020.1785140>
- Kolb, D. A. (1983). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall. https://openlibrary.org/books/OL3167606M/Experiential_learning
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815355>
- Meneses, C., Jiménez, I., y Gómez, P. (2023). Simulación clínica mediada por tecnología: un escenario didáctico a partir de recursos para la formación de los profesionales en rehabilitación (Technology-mediated clinical simulation: a didactic scenario based on resources for the training of rehabilitation professionals). *Educación Médica*, 24 (4). <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2023.100810>
- Meneses Castaño, Y., y Jiménez Becerra, I. (2024). La formación en simulación clínica mediada por tecnología y su aporte a la cognición situada para fisioterapeutas: una revisión sistemática. (Training in technology-mediated clinical simulation and its contribution to situated cognition for physiotherapists: a systematic review). *Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación*, 60, e107735. <https://doi.org/10.47197/retos.v60.107735>
- Muñoz Gualán, G.G., & Elias Sierra, R. (2025). La simulación clínica en la educación médica moderna: revisión de revisiones (Clinical simulation in modern medical education: a review of reviews). *Revista Eugenio Espejo*, 19(1), 102–116. <https://doi.org/10.37135/ee.04.22.08>
- Nussbaum, M.C. (2010). *Sin fines de lucro. Por qué la democracia necesita de las humanidades (Nonprofit. Why democracy needs the humanities)*. Katz Editores. https://books.google.com.co/books/about/Sin_fines_de_lucro_Por_qu%C3%A9_la_democraci.html?id=kX_Ke3_biKIC&redir_esc=y
- Nussbaum, M.C. (2012). *Creating capabilities: The human development approach*. Harvard University.
- Rudolph, J.W., Simon, R., Dufresne, R.L., y Raemer, D.B. (2014). There's no such thing as "non judgmental" debriefing: A theory and method for debriefing with good judgment. *Simulation in Healthcare*, 9(1), 49-55. <https://simulation.med.ufl.edu/wordpress/files/2020/10/There-no-such-thing-as-a-nonjudgemental-debriefing.pdf>
- Sala, E., Mayorga, J., Bradley, D., Cabral, R.B., Atwood, T.B., Auber, A., Cheung, W., Costello, C., Ferretti, F., Friedlander, A.M., Gaines, S.D., Garilao, C., Goodell, W., Halpern, B.S., Hinson, A., Kaschner, K., Kesner-Reyes, K., Leprieur, F., McGowan, J., ... Lubchenco, J. (2021). Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate. *Nature*, 592, 397–402. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03371-z>

Panorama general de la candidiasis vulvovaginal

Ignacio Uriel Macías-Paz¹, José Eugenio Guerra-Cárdenas², Diana Esparza-Coronado³, Karime Guerrero-Esquivel⁴, Luis Eduardo Martínez-Camacho⁵, Erik Sánchez-Adame⁶, Elizabeth Reyna-Beltrán^{7*}

Resumen

La candidiasis vulvovaginal constituye una de las infecciones ginecológicas más frecuentes en mujeres en edad reproductiva y representa un importante problema de salud debido a su elevada prevalencia, recurrencia y creciente resistencia a los tratamientos antifúngicos. El objetivo de este trabajo fue describir el panorama epidemiológico, las manifestaciones clínicas, los métodos diagnósticos, la relación con la microbiota vaginal, los principales factores de virulencia y las alternativas terapéuticas disponibles para la candidiasis vulvovaginal. Se realizó una revisión narrativa de la literatura mediante la consulta de bases de datos científicas, como PubMed/MEDLINE, Scopus y Google Scholar, incluyendo estudios publicados principalmente entre 2015 y 2025 en inglés y español. Los resultados muestran que *Candida albicans* continúa siendo el principal agente etiológico, aunque las especies no *albicans* han incrementado su relevancia clínica debido a su asociación con resistencia antifúngica. Asimismo, se evidencia que el equilibrio de la microbiota vaginal desempeña un papel fundamental en la prevención de la infección, mientras que factores como el uso de antibióticos, alteraciones hormonales, diabetes, predisposición genética y actividad sexual favorecen su aparición. También se describen los mecanismos de acción y resistencia de los principales antifúngicos, así como el potencial de los probióticos como terapia complementaria para disminuir la recurrencia. Se concluye que la candidiasis vulvovaginal es una enfermedad multifactorial, cuyo adecuado abordaje requiere un diagnóstico oportuno, un tratamiento individualizado y estrategias orientadas a preservar el equilibrio de la microbiota vaginal y reducir el desarrollo de resistencia a los antifúngicos.

Palabras clave: candidiasis vulvovaginal, *Candida albicans*, microbiota vaginal, resistencia antifúngica, probióticos, diagnóstico.

Cómo citar: Macías-Paz, I., Guerra-Cárdenas, J., Esparza-Coronado, D., Guerrero-Esquivel, K., Martínez-Camacho, L., Sánchez-Adame, E., Reyna-Beltrán, E. (2026). Panorama general de la candidiasis vulvovaginal. En Altamira, J., Calles, M. (Coord.). *Salud y Género: retos y aportes desde la investigación*. High Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/saludygenero12>

1. <https://orcid.org/0000-0002-5943-1863>, a193310066@alumnos.uat.edu.mx | Facultad de Medicina "Dr. Alberto Romo Caballero" de Tampico, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
2. <https://orcid.org/0000-0001-9495-024X>, jguerra@docentes.uat.edu.mx | Facultad de Medicina "Dr. Alberto Romo Caballero" de Tampico, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
3. a2183310043@alumnos.uat.edu.mx | Facultad de Medicina "Dr. Alberto Romo Caballero" de Tampico, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
4. a2181390050@alumnos.uat.edu.mx | Facultad de Medicina "Dr. Alberto Romo Caballero" de Tampico, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
5. <https://orcid.org/0000-0002-3186-873X>, a2191310015@alumnos.uat.edu.mx | Facultad de Medicina "Dr. Alberto Romo Caballero" de Tampico, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
6. <https://orcid.org/0009-0003-5261-8216>, eriksanchezadame0306@gmail.com | Facultad de Medicina "Dr. Alberto Romo Caballero" de Tampico, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
7. * <https://orcid.org/0000-0001-7896-0560>, ereyna@docentes.uat.edu.mx | Facultad de Medicina "Dr. Alberto Romo Caballero" de Tampico, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

Overview of Vulvovaginal Candidiasis

Abstract

Vulvovaginal candidiasis is one of the most common gynecological infections affecting women of reproductive age and represents a significant public health concern due to its high prevalence, recurrence, and increasing resistance to antifungal therapies. The aim of this study was to describe the epidemiological landscape, clinical manifestations, diagnostic methods, relationship with the vaginal microbiota, major virulence factors, and available therapeutic alternatives for vulvovaginal candidiasis. A narrative literature review was conducted by searching scientific databases, including PubMed/MEDLINE, Scopus, and Google Scholar, incorporating studies published primarily between 2015 and 2025 in English and Spanish. The findings indicate that *Candida albicans* remains the principal etiological agent, although non-*albicans* *Candida* species have gained clinical relevance due to their association with antifungal resistance. Furthermore, the balance of the vaginal microbiota plays a fundamental role in preventing infection, whereas factors such as antibiotic use, hormonal alterations, diabetes, genetic predisposition, and sexual activity favor its development. The mechanisms of action and resistance of the main antifungal agents are also described, together with the potential role of probiotics as adjunctive therapy to reduce recurrence. In conclusion, vulvovaginal candidiasis is a multifactorial disease whose appropriate management requires timely diagnosis, individualized treatment, and strategies aimed at preserving the balance of the vaginal microbiota and reducing the development of antifungal resistance.

Keywords: vulvovaginal candidiasis, *Candida albicans*, vaginal microbiota, antifungal resistance, probiotics, diagnosis.

Introducción

La vaginitis es una de las condiciones ginecológicas más frecuentes que afectan a la población femenina a nivel mundial. Entre sus principales causas se encuentran la candidiasis vulvovaginal (CVV) y la vaginosis bacteriana (Ang *et al.*, 2022). La CVV es una infección oportunista causada por levaduras del género *Candida*, que afecta la vagina y el vestíbulo vulvar, y que puede extenderse hacia los labios menores, labios mayores y las regiones intercrural y perianal. La especie comúnmente aislada es *Candida albicans* (*C. albicans*); no obstante, también se han identificado otras especies de *Candida* no *albicans* (NAC), como *C. glabrata*, *C. tropicalis*, *C. krusei* y *C. parapsilosis*, siendo *C. glabrata* la segunda causa más común de CVV (Farr *et al.*, 2021; Willems *et al.*, 2020).

Según un estudio realizado por Mtibaa *et al.* (2017), la prevalencia de CVV fue del 32.87 % en mujeres de entre 25 y 35 años. Los autores sugirieron que factores como la actividad sexual y el aumento de la acción de la hormona gestacional podrían favorecer el desarrollo de esta infección.

La prevalencia de infecciones por *C. albicans* ha aumentado en los últimos años, siendo una

de las principales causas el abuso en el uso de antifúngicos. Los signos y síntomas provocados por la CVV suelen ser similares a los de otras infecciones genitales, lo que dificulta establecer un diagnóstico diferencial basándose únicamente en una evaluación clínica (Pineda-Murillo *et al.*, 2015).

Objetivo

El propósito consistió en describir el panorama epidemiológico, las manifestaciones clínicas, los métodos diagnósticos, la relación con el microbiota vaginal, los factores de virulencia y los fármacos utilizados para la candidiasis vulvovaginal en mujeres a partir de literatura científica.

Metodología

Se realizó una revisión narrativa de la literatura sobre candidiasis vulvovaginal (CVV). La búsqueda bibliográfica se efectuó en diferentes bases de datos, como PubMed/MEDLINE, Scopus y Google Scholar, utilizando combinaciones de términos como: “candidiasis vulvovaginal”, “*Candida albicans*”, “*Candida* no *albicans*”, “epidemiología”, “diagnóstico”, “microbiota vaginal”, “factores de virulencia”, “antifúngicos” y “resistencia”. Los estudios estaban escritos en inglés y español, y se uti-

lizaron los operadores booleanos AND y OR para optimizar la estrategia de búsqueda.

La mayoría de los estudios seleccionados fue publicada entre 2015 y 2025. No obstante, se realizó una excepción debido a su relevancia científica. Todos estos estudios abordaron aspectos de interés actual de la CVV en mujeres. La selección de estos estudios se realizó en dos etapas: primero, mediante la revisión de títulos y resúmenes; posteriormente, mediante la lectura completa de los artículos potencialmente elegibles. El análisis de la información se efectuó de manera descriptiva, organizando los resultados en temas secundarios para integrar una evidencia científica actual y confiable sobre la CVV.

Panorama epidemiológico

La prevalencia de CVV varía según el país y la etnia. Incluso entre grupos de población similares, las características de la infección pueden diferir, sin que se comprendan, hasta la actualidad, las razones de estas variaciones regionales (Sasani *et al.*, 2021). Si bien la CVV puede afectar a mujeres de todas las edades, etnias y niveles socioeconómicos, no todas la desarrollarán en otra ocasión de la vida, lo que sugiere la influencia de múltiples factores no específicos (Martínez-García *et al.*, 2023).

Se estima que aproximadamente entre el 70 % y el 75 % de las mujeres mayores de 18 años presentarán al menos un episodio de CVV a lo largo de la vida. Algunas solo lo padecen una vez, mientras que otras lo presentan ocasionalmente, ya que entre el 40 % y el 45 % desarrollarán dos o más episodios. Además, entre el 5 % y el 9 % presentarán candidiasis vulvovaginal recurrente (CVVR), definida por tres episodios sintomáticos en los últimos doce meses (Osman Mohamed *et al.*, 2022; Phillips *et al.*, 2023; Tian *et al.*, 2021).

Según estudios epidemiológicos publicados durante los últimos años, a nivel mundial, las incidencias más altas de CVV se registraron en países africanos como Nigeria y Túnez, seguidos de Brasil y Australia. Por otro lado, las incidencias más bajas se observaron en países europeos como Italia, así como en la India. Todos estos estudios coincidieron en una mayor incidencia de CVV en mujeres en edad reproductiva (20-40 años) que en mujeres menopáusicas (Gonçalves *et al.*, 2016).

Manifestaciones clínicas y métodos diagnósticos

La presencia de *Candida* spp. en la vagina, en ausencia de inmunopatología, inmunosupresión y daño en la mucosa, generalmente no suele mani-

festarse clínicamente. La CVV, en cambio, es una condición que se caracteriza por una combinación de molestias subjetivas, síntomas clínicos, signos de inflamación y la identificación de *Candida* spp. en la secreción vaginal, todo ello en ausencia de otra causa de infección (Dermendzhiev *et al.*, 2022; Fan *et al.*, 2023).

Las manifestaciones clínicas más comunes de la CVV incluyen prurito, hiperemia, molestias vaginales, sensación de ardor, dolor, dispareunia, eritema vaginal y vulvar, así como leucorrea, que se caracteriza por un flujo blanco y grumoso, sin olor desagradable, en comparación con el flujo asociado a la vaginosis bacteriana (Majdabadi *et al.*, 2018; Mtibaa *et al.*, 2017; van Riel *et al.*, 2021). Si una paciente presenta sintomatología persistente, sin diagnóstico claro o una respuesta limitada al tratamiento farmacológico, es fundamental considerar diagnósticos diferenciales (Mitchell, 2024). La CVV no constituye un riesgo para la vida de quienes la presentan; sin embargo, cuando no se trata adecuadamente, puede dar lugar a diversas complicaciones, tales como enfermedad inflamatoria pélvica, infertilidad, embarazo ectópico, absceso pélvico, aborto espontáneo, trastornos menstruales, entre otras. A pesar de esto, el diagnóstico continúa basándose principalmente en datos clínicos y en el aislamiento e identificación de levaduras mediante métodos fenotípicos (Fan *et al.*, 2023).

El criterio de diagnóstico de la CVV se basa en la presencia de manifestaciones clínicas típicas, la identificación de hifas de levadura en el examen microscópico del flujo vaginal con hidróxido de potasio (KOH) al 10 % (con una sensibilidad del 40-70 %) y un pH vaginal ácido normal, ya que un pH elevado sugiere un diagnóstico diferencial, como la vaginosis bacteriana. Si bien herramientas como la microscopía, el diagnóstico clínico y el cultivo de levaduras son valiosas en la práctica médica, cada una presenta limitaciones. La microscopía y el diagnóstico clínico muestran baja sensibilidad diagnóstica, mientras que el cultivo de levaduras, aunque se considera el estándar de oro, no siempre es práctico, ya que requiere de 3 a 5 días para obtener resultados concluyentes. Actualmente, también se pueden emplear otras técnicas diagnósticas, como las pruebas antígeno-anticuerpo, la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y las sondas de ADN (Neal & Martens, 2022; Nyirjesy *et al.*, 2022; Zhao *et al.*, 2021).

Aunque los métodos de diagnóstico molecular parecen prometedores y podrían reemplazar eventualmente al cultivo como el estándar de oro, actualmente no existe ninguna técnica molecular recomendada para poblaciones específicas en el diagnóstico de la CVVR (Cornely *et al.*, 2025).

Microbiota vaginal y candidiasis vulvovaginal

C. albicans se encuentra como un microorganismo comensal en la vagina sana, siendo la especie más predominante frente a otras como *C. dubliniensis*, *C. parapsilosis*, *C. krusei*, entre otras. Aunque su presencia es habitual en mujeres sanas, se considera un patógeno oportunista, ya que está implicada en aproximadamente el 85-95 % de las pacientes que sufren esta infección. Además, es el agente que con mayor frecuencia produce las manifestaciones clínicas características de la CVV (Makanjuola *et al.*, 2018; Kalia *et al.*, 2020).

La pared celular de *C. albicans* está compuesta de tres elementos: quitina, β -glucano y una capa externa de manoproteínas. La quitina y el β -glucano se localizan en la pared celular interna, proporcionando forma y rigidez. Por otro lado, la capa

recida por las interacciones de hormonas sexuales femeninas, como el estradiol, la progesterona y microorganismos como *Lactobacillus crispatus*, *L. gasseri*, *L. iners*, entre otros (Kalia *et al.*, 2020).

La CVV es considerada un desorden multifactorial, en el que diversos factores presentes en la microbiota vaginal normal pueden estimular o inhibir la propagación de *C. albicans*. Entre los factores predisponentes se encuentran los antibióticos, los estrógenos, la predisposición genética (por ejemplo, el polimorfismo en el gen *SIGLEC-15* o en los genes *TLR2* y lectina de unión a manosa) y la diabetes *mellitus* (que aumenta con los inhibidores del cotransportador 2 de glucosa sódica). Otros factores son las alergias, el estrés psicosocial y la actividad sexual (Figura 1) (Phillips *et al.*, 2023; Satora *et al.*, 2023).

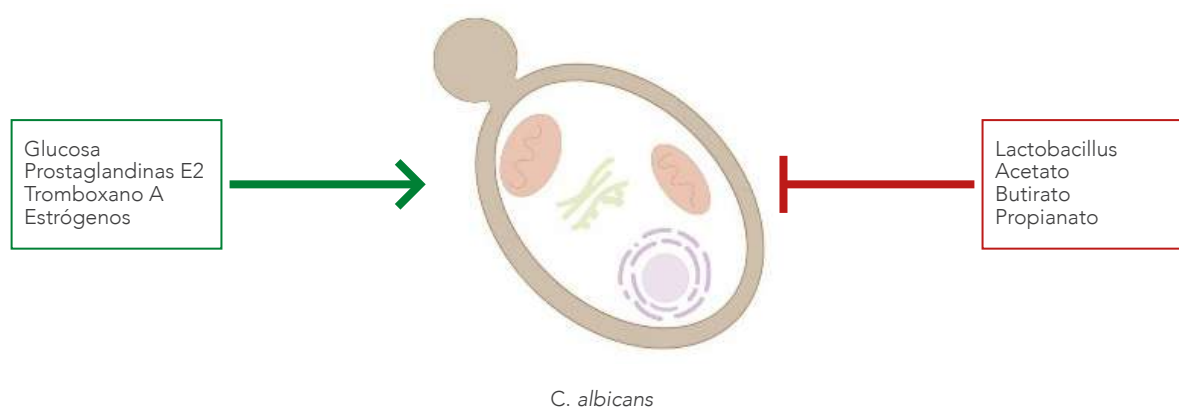


Figura 1.

Factores estimulantes y reguladores del crecimiento de *C. albicans* en el microambiente

externa de la pared celular está compuesta por proteínas manosiladas (manoproteínas), las cuales se encuentran ancladas por glicosilfosfatidilinositol (GPI) al núcleo interno de quitina/ β -glucano (Derkacz *et al.*, 2022).

La microbiota vaginal está compuesta en su mayoría por *Lactobacillus* spp., los cuales representan la principal barrera de defensa frente a infecciones causadas por *Candida*. Cuando ocurre una disbiosis, se incrementa el riesgo de desarrollar alguna infección vaginal, incluida la CVV. Los *Lactobacillus* producen ácido láctico como resultado de la fermentación de carbohidratos, el cual mantiene un pH vaginal ácido (menor a 4,5), que es desfavorable para el crecimiento de microorganismos que puedan causar una infección. Se piensa que la microbiota del medio vaginal mantiene una relación de simbiosis con el huésped, pues es favo-

Factor de virulencia y respuesta inmune

La capacidad de *C. albicans* para realizar una transición pleomórfica se considera uno de los principales factores de virulencia que posee. Debido a esta característica, el patógeno puede alterar su morfología, pasando de una célula levaduriforme redonda u ovoide a un organismo multicelular en crecimiento hifal y micelial, característico de un estado patogénico. Mientras que la forma de levadura generalmente se encuentra en mujeres sanas asintomáticas, la forma hifal se ha aislado de manera consistente en casos graves de CVV (Talapko *et al.*, 2021).

Los factores que contribuyen a la patogenicidad de la CVV son: la capacidad de adherirse a células epiteliales y endoteliales, la transición de levadura a hifa, la secreción de enzimas hidrolíticas extra-

celulares (proteinasas y fosfolipasas), la adaptabilidad fenotípica y la formación de biopelículas. Durante esta formación, *C. albicans* inicia un proceso de adhesión mediante una unión no específica basada en interacciones de atracción y repulsión, que acerca el patógeno a la superficie del huésped (Rodríguez-Cerdeira *et al.*, 2020).

Actualmente, tras varios años de estudio sobre los mecanismos inmunitarios implicados en la patogenia de la CVV, se han identificado factores y mecanismos indispensables para el desarrollo de la infección por *C. albicans* en el epitelio vaginal. En la actualidad, se reconoce al epitelio vaginal como la primera línea de defensa del huésped frente a infecciones, aunque se ha cuestionado la capacidad que tienen las células epiteliales vaginales (CEV) para distinguir a los hongos comensales o patógenos presentes en la mucosa (Czechowicz *et al.*, 2022).

El sistema inmunitario responde a la infección por *Candida* spp. mediante dos mecanismos principales: la inmunidad innata y la adaptativa. La inmunidad innata es la encargada de la defensa inicial contra el patógeno. En el tracto vaginal femenino, donde se lleva a cabo dicha respuesta, habitan diferentes poblaciones celulares, como los polimorfonucleares neutrófilos (PMN), macrófagos, células dendríticas, células NK, linfocitos T y delta y linfocitos innatos, los cuales poseen la capacidad de ser reclutados ante estímulos locales. Se ha demostrado que los neutrófilos son las únicas células inmunitarias capaces de prevenir la transición de las blastosporas de *C. albicans* a hifas. Por otro lado, las células NK pueden destruir directamente a *C. albicans* al secretar moléculas citotóxicas (Feng *et al.*, 2024; Miró *et al.*, 2017).

Fármacos utilizados en el tratamiento de la CVV

En función de la gravedad de la infección, las estrategias terapéuticas para la CVV se clasifican en cuatro clases de agentes antifúngicos, los cuales pueden administrarse por vía oral o intravaginal. Estas clases disponibles incluyen azoles, polienos, equinocandinas y análogos de pirimidina, siendo los azoles la primera línea de tratamiento en la mayoría de los casos. No obstante, el uso de antifúngicos puede asociarse a efectos secundarios, como escalofríos, mareos, neutropenia, trombocitopenia, hepatotoxicidad, síntomas gastrointestinales y neurológicos (David & Solomon, 2023; Mollazadeh-Narestan *et al.*, 2023).

En pacientes que presentan episodios recurrentes de CVV asociados al uso de antibióticos, se puede implementar un tratamiento profiláctico. Para este propósito, el fármaco de elección es el

fluconazol. Cuando la etiología de la CVV es desconocida, se recomienda iniciar el tratamiento con un esquema de fluconazol cada 72 horas por vía oral, completando tres dosis. Posteriormente, se continúa con la administración semanal de una dosis durante al menos seis meses (Sobel, 2016). En aquellas pacientes que presenten enfermedad renal o alto riesgo de desarrollar arritmias, deben ser estrictamente supervisadas por un profesional de la salud, e incluso puede ser necesario evitar su prescripción (Phillips *et al.*, 2022).

Sin embargo, cada vez se reportan más cepas resistentes a los tratamientos antifúngicos existentes debido a su disponibilidad sin prescripción médica. Por ejemplo, la exposición prolongada al fluconazol ha llevado al desarrollo de resistencia en algunas cepas de *Candida* spp., así como resistencia cruzada con otros azoles. En estos casos, un fármaco alternativo útil en el manejo de la CVV causada por especies de cepas resistentes al fluconazol es la nistatina (Farr *et al.*, 2021; Picheta *et al.*, 2024).

Azoles

Los azoles constituyen la clase más amplia de antifúngicos, utilizados por su amplio espectro, biodisponibilidad oral y baja toxicidad. Tienen actividad clínica contra *C. albicans*, *C. tropicalis*, *C. parapsilosis*, *C. glabrata*, entre otros. Se incluyen dos grupos: los imidazoles (clotrimazol, miconazol y econazol) y los triazoles (fluconazol, voriconazol y posaconazol), que comparten el mismo mecanismo de acción, con la diferencia de que los triazoles sistémicos se metabolizan más lentamente y tienen un efecto menor en la síntesis de esteroides.

Los azoles tienen como blanco terapéutico la inhibición de la enzima lanosterol 14 α -desmetilasa (CYP51A1), codificada por el gen *ERG11*. Esta enzima participa en la biosíntesis del ergosterol, un componente fundamental de la pared celular fúngica. Esta inhibición altera la estructura de la membrana celular, inhibiendo así la síntesis del esteroide fúngico (ergosterol) y re-dirigiendo esta vía hacia el esteroide tóxico 14-Methylergosta-8,24(28)-dien-3,6-diol (Arendrup & Patterson, 2017; Bhattacharya *et al.*, 2020; Pristov & Ghannoum, 2019; Regidor *et al.*, 2023; Van Genechten *et al.*, 2023).

La resistencia de *Candida albicans* a los azoles puede originarse mediante la sustitución de los aminoácidos y cambios conformacionales en la enzima. Debido a esas modificaciones estructurales, los azoles pierden afinidad por la enzima. Otros genes que se involucran en la biosíntesis de ergosterol y que también se han visto implicados

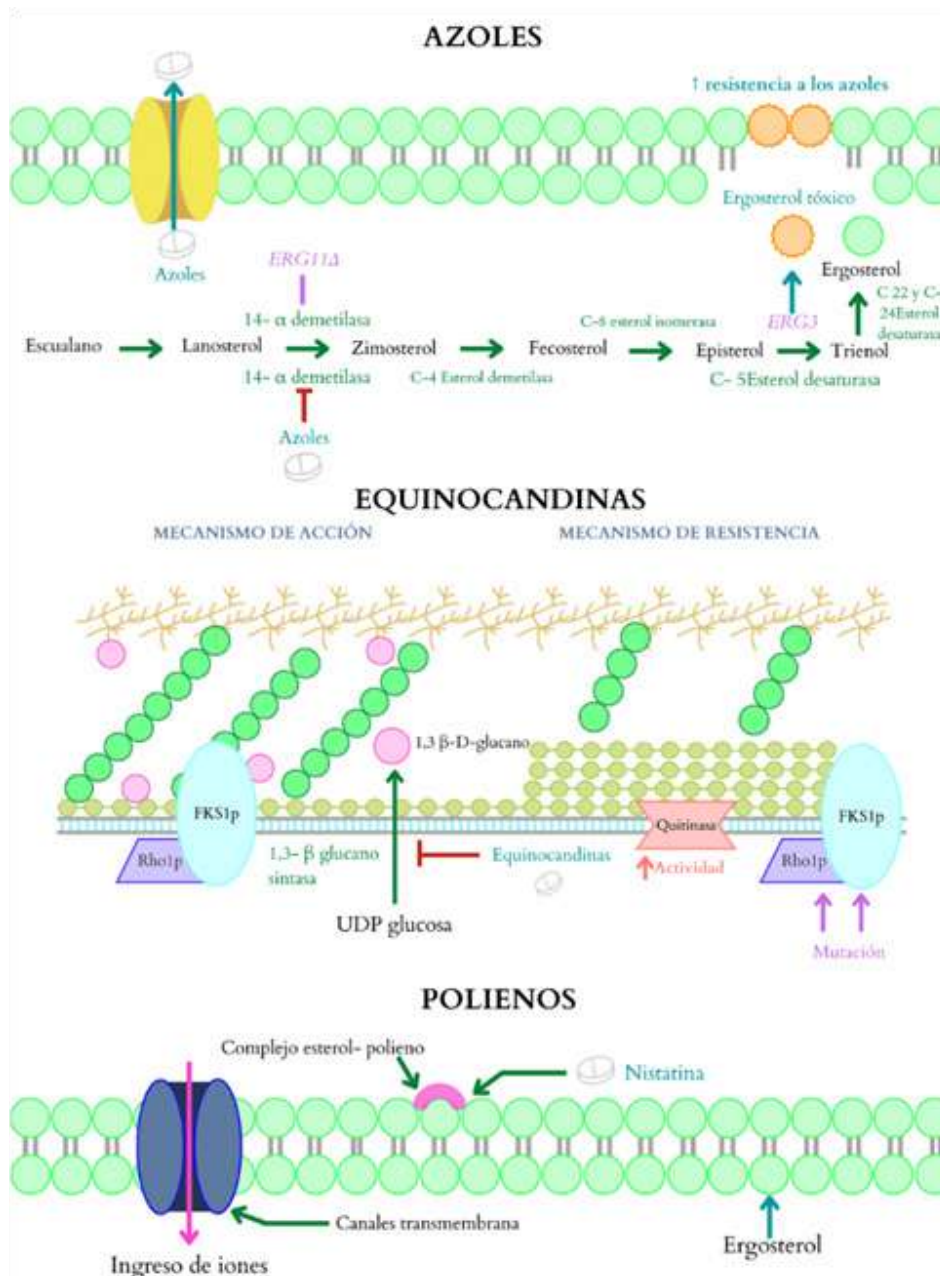


Figura 2. Mecanismo de acción y resistencia de los antimicóticos utilizados en el tratamiento de infecciones causadas por *C. albicans*

en la resistencia de *Candida albicans* a los azoles son *ERG3* y *ERG5* (Feng *et al.*, 2024). Otros mecanismos por los cuales *C. albicans* presenta resistencia a los azoles se deben a mutaciones genéticas en los genes *MRR1* y *TAC1*, los cuales están involucrados en la expresión de bombas de eflujo. También puede desarrollarse una alteración en la síntesis de ergosterol por mutaciones puntuales en la proteína 2 de control de la absorción de esteroides (*Upc2*) (Bhattacharya *et al.*, 2020). La proteína *Upc2* es un factor de transcripción de los genes *ERG* y es otro de los puntos que se modifican en aquellas cepas

resistentes al fluconazol. *Upc2* promueve la sobreexpresión de la proteína *Erg11*, lo que favorece la resistencia al fármaco (Lu *et al.*, 2021). Ambos procesos se ilustran en la anterior Figura 2A.

Equinocandinas

Las equinocandinas actúan mediante la inhibición del complejo enzimático β-1,3-glucano sintasa, ubicado en la membrana plasmática de la célula (Figura 2B) (Pereira *et al.*, 2021). Estos fármacos presentan un efecto fungicida contra *Candida*

spp., con alta eficacia en infecciones invasivas y un alto perfil de seguridad. Además, muestran una amplia distribución en órganos y tejidos, excepto en el sistema nervioso central y los ojos. Algunos de los fármacos que pertenecen a esta categoría son la micafungina, anidulafungina, caspofungina y rezafungina (Barantsevich & Barantsevich, 2022).

Actualmente, las equinocandinas son consideradas los antifúngicos de primera línea frente a las especies de *Candida* resistentes a los azoles, gracias a su baja toxicidad y elevada eficacia. Sin embargo, el desarrollo de resistencia a esta clase de fármacos ha generado preocupación a nivel mundial, aunque esta ocurre con mayor frecuencia en *C. glabrata* que en otras especies de *Candida* (Kermani *et al.*, 2023; Sah *et al.*, 2022; Tortorano *et al.*, 2021).

Las mutaciones que ocurren en el gen *FKS1* (gen de la subunidad catalítica de la β -(1,3)-glucano sintasa) están involucradas en la resistencia de *C. albicans* a las equinocandinas. Debido a estas mutaciones, se provoca un cambio en el orden de la secuencia de aminoácidos. Para la codificación de la unidad catalítica participan *FKS1*, *FKS2* y *FKS3*. La importancia de esta mutación se debe a que el β -(1,3)-glucano es relevante en la formación de la pared celular, y este paso no se puede llevar a cabo sin la acción de la β -1,3-glucano sintasa. Para la formación de ese sustrato se requiere la participación de la enzima β -(1,3)-glucano sintasa (Pereira *et al.*, 2021; Perrine-Walker, 2022; Szymański *et al.*, 2022).

Polienos

Se trata de fármacos fungicidas que actúan específicamente sobre el ergosterol presente en la membrana celular de los hongos, alterando su función normal. Su mecanismo de acción consiste en la formación de canales transmembranales en forma de barril, lo que altera la homeostasis celular. El aumento en la permeabilidad provoca la fuga de moléculas pequeñas, la alteración del equilibrio osmótico y, finalmente, la muerte celular (Figura 2C) (Bohner *et al.*, 2022; Broughton *et al.*, 1991; Zhang *et al.*, 2018). Dentro del grupo de los polienos utilizados en el tratamiento de la candidiasis se encuentran la anfotericina B, nistatina, candicidina y candidina, aunque su uso suele ser reservado debido a su alta nefrotoxicidad y al número limitado de dianas terapéuticas sobre las que actúan (Amir *et al.*, 2022; Mukherjee *et al.*, 2021).

Aunque la resistencia a los polienos en *C. albicans* es poco frecuente, se ha asociado con la inactivación de proteínas esenciales en la vía de síntesis del ergosterol o con una reducción general de

esteroles en la membrana plasmática (de Oliveira Santos *et al.*, 2018; Jensen *et al.*, 2015).

Probióticos como parte del tratamiento de CVV

La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) define a los probióticos como “microorganismos vivos”, los cuales, administrados en cantidades adecuadas, confieren beneficios a la salud del huésped. Estos probióticos contienen principalmente cepas de bacterias ácido-lácticas (BAL), entre las que se incluyen *Lactobacillus iners*, *Lactobacillus crispatus*, *Lactobacillus gasseri* y *Lactobacillus jensenii*. Dado que los probióticos ayudan a estabilizar el equilibrio microbiano vaginal, pueden utilizarse como terapia complementaria junto con tratamientos convencionales, ayudando a prevenir la recurrencia de infecciones como la CVV (Sun *et al.*, 2023; Zahedifard *et al.*, 2023).

El uso de probióticos se sustenta en los efectos protectores asociados a *Lactobacillus* spp., especialmente en su capacidad para reducir la virulencia de *Candida* spp. en el medio vaginal. Este efecto se logra mejorando la respuesta inmune del epitelio vaginal, así como la capacidad de regular los genes implicados en la síntesis del ergosterol. Además, diversos estudios han demostrado que el uso de probióticos contribuye a mejorar la sintomatología y a disminuir la recurrencia de la candidiasis, especialmente en mujeres embarazadas (Ang *et al.*, 2022; Sobel, 2016).

Por otro lado, en ensayos controlados aleatorizados que utilizaron probióticos, además del tratamiento antifúngico convencional en mujeres no embarazadas, se mostró un aumento en las tasas de curación clínica, así como una reducción de la tasa de recaída a corto plazo. Sin embargo, el nivel de evidencia se consideró bajo o muy bajo. Asimismo, otro estudio demostró que las pacientes no reportaron beneficios adicionales al tratamiento con antimicóticos, lo que sugiere que la efectividad de los probióticos depende del tipo específico de microorganismo utilizado (Neal & Martens, 2022; Shenoy & Gottlieb, 2019).

Conclusión

La candidiasis vulvovaginal (CVV) es una infección oportunista producida en su mayoría por *C. albicans*, como resultado de la disbiosis de la microbiota vaginal. Clínicamente, se manifiesta como dolor urente, prurito, eritema, disuria y leucorrea. Los azoles son los fármacos habitualmente utilizados para el tratamiento de la candidiasis

vulvovaginal; como consecuencia, se ha reportado la aparición de cepas resistentes. El uso de probióticos parece tener beneficios en la prevención de

la CVV; sin embargo, es necesaria la realización de diversas pruebas clínicas utilizando la combinación de probióticos y antifúngicos.

Referencias

- Amir, A., Levin-Khalifa, M., & Dvash, T. (2022). Water-Soluble Nystatin and Derivative. *ACS Medicinal Chemistry Letters*, 13(2), 182–187. <https://doi.org/10.1021/acsmedchemlett.1c00538>
- Ang, X.-Y., Chung, F.-Y.-L., Lee, B.-K., Azhar, S.N.A., Sany, S., Roslan, N.S., Ahmad, N., Yusof, S.M., Abdullah, N., Nik Ab Rahman, N.N., Abdul Wahid, N., Deris, Z.Z., Oon, C.-E., Wan Adnan, W.F., & Liong, M.-T. (2022). Lactobacilli reduce recurrences of vaginal candidiasis in pregnant women: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Journal of Applied Microbiology*, 132(4), 3168–3180. <https://doi.org/10.1111/jam.15158>
- Arendrup, M.C., & Patterson, T.F. (2017). Multidrug-Resistant Candida: Epidemiology, Molecular Mechanisms, and Treatment. *The Journal of Infectious Diseases*, 216(suppl_3), S445–S451. <https://doi.org/10.1093/infdis/jix131>
- Barantsevich, N., & Barantsevich, E. (2022). Diagnosis and Treatment of Invasive Candidiasis. *Antibiotics*, 11(6), 718. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11060718>
- Bhattacharya, S., Sae-Tia, S., & Fries, B.C. (2020). Candidiasis and Mechanisms of Antifungal Resistance. *Antibiotics*, 9(6), 312. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9060312>
- Bohner, F., Papp, C., & Gácsér, A. (2022). The effect of antifungal resistance development on the virulence of *Candida* species. *FEMS Yeast Research*, 22(1), foac019. <https://doi.org/10.1093/femsyr/foac019>
- Broughton, M.C., Bard, M., & Lees, N.D. (1991). Polyene resistance in ergosterol producing strains of *Candida albicans*. *Mycoses*, 34(1–2), 75–83. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0507.1991.tb00623.x>
- Cornely, O.A., Sprute, R., Bassetti, M., Chen, S.-C.-A., Groll, A.H., Kurzai, O., Lass-Flörl, C., Ostrosky-Zeichner, L., Rautemaa-Richardson, R., Gunturu, R., Santolaya, M.E., Lewis White, P., Alastruay-Izquierdo, A., Arendrup, M.C., Baddley, J., Barac, A., Ben-Ami, R., Brink, A.J., Grothe, J.H. ... & Zhu, L.-P. (2025). Global guideline for the diagnosis and management of candidiasis: An initiative of the ECMM in cooperation with ISHAM and ASM. *The Lancet Infectious Diseases*, 25(5), e280–e293. [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(24\)00749-7](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(24)00749-7)
- Czechowicz, P., Nowicka, J., & Gościński, G. (2022). Virulence Factors of *Candida* spp. And Host Immune Response Important in the Pathogenesis of Vulvovaginal Candidiasis. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(11), 5895. <https://doi.org/10.3390/ijms23115895>
- David, H., & Solomon, A.P. (2023). Molecular association of *Candida albicans* and vulvovaginal candidiasis: focusing on a solution. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 13, 1245808. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1245808>
- de Oliveira Santos, G.C., Vasconcelos, C.C., Lopes, A.J.O., de Sousa Cartágenes, M.d.S., Derkacz, D., Bernat, P., & Krasowska, A. (2022). K143R Amino Acid Substitution in 14- α -Demethylase (Erg11p) Changes Plasma Membrane and Cell Wall Structure of *Candida albicans*. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(3), 1631. <https://doi.org/10.3390/ijms23031631>
- Dermendzhiev, T., Pehlivanov, B., Petrova, A., Stanev, S., & Murdjeva, M. (2022). Quantitative system for diagnosis of vulvovaginal candidiasis. *Journal of Medical Mycology*, 32(4), 101302. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2022.101302>
- Fan, W., Li, J., Chen, L., Wu, W., Li, X., Zhong, W., & Pan, H. (2023). Clinical Evaluation of Polymerase Chain Reaction Coupled with Quantum Dot Fluorescence Analysis for Diagnosis of *Candida* Infection in Vulvovaginal Candidiasis Practice. *Infection and Drug Resistance*, 16, 4857–4865. <https://doi.org/10.2147/IDR.S410128>
- Farr, A., Effendy, I., Frey Tirri, B., Hof, H., Mayser, P., Petricevic, L., Ruhnke, M., Schaller, M., Schaefer, A.P.A., Sustr, V., Willinger, B., & Mendling, W. (2021). Guideline: Vulvovaginal candidosis (AWMF 015/072, level S2k). *Mycoses*, 64(6), 583–602. <https://doi.org/10.1111/myc.13248>
- Feng, Z., Lu, H., & Jiang, Y. (2024). Promising immunotherapeutic targets for treating candidiasis. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 14, 1339501. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2024.1339501>
- Filho, A.K.D.B., do Nascimento, F.R.F., Ramos, R.M., Pires, E.R.R.B., de Andrade, M.S., Rocha, F.M.G., & de Andrade Monteiro, C. (2018). *Candida* Infections and Therapeutic Strategies: Mechanisms of Action for Traditional and Alternative Agents. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1351. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01351>
- Gonçalves, B., Ferreira, C., Alves, C.T., Henriques, M., Azeredo, J., & Silva, S. (2016). Vulvovaginal candidiasis: Epidemiology, microbiology and risk factors. *Critical Reviews in Microbiology*, 42(6), 905–927. <https://doi.org/10.3109/1040841X.2015.1091805>
- Jensen, R.H., Thyssen Astvad, K.M., Silva, L.V., Sanglard, D., Jørgensen, R., Nielsen, K.F., Mathiasen, E.G., Doroudian, G., Perlin, D.S., & Arendrup, M.C. (2015). Stepwise emergence of azole, echinocandin and amphotericin B multidrug resistance in vivo in *Candida albicans* orchestrated by multiple genetic alterations. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 70(9), 2551–2555. <https://doi.org/10.1093/jac/dkv140>
- Kalia, N., Singh, J., & Kaur, M. (2020). Microbiota in vaginal health and pathogenesis of recurrent

- vulvovaginal infections: A critical review. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 19(5). <https://doi.org/10.1186/s12941-020-0347-4>
- Kermani, F., Taghizadeh-Armaki, M., Hosseini, S.A., Amirrajab, N., Javidnia, J., Fami Zaghami, M., & Shokohi, T. (2023). Antifungal Resistance of Clinical *Candida albicans* Isolates in Iran: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Iranian Journal of Public Health*, 52(2), 290–305. <https://doi.org/10.18502/ijph.v52i2.11874>
- Lu, H., Shrivastava, M., Whiteway, M., & Jiang, Y. (2021). *Candida albicans* targets that potentially synergize with fluconazole. *Critical Reviews in Microbiology*, 47(3), 323–337. <https://doi.org/10.1080/1040841X.2021.1884641>
- Majdabadi, N., Falahati, M., Heidarie-Kohan, F., Farahyar, S., Rahimi-Moghaddam, P., Ashrafi-Khozani, M., Razavi, T., & Mohammadnejad, S. (2018). Effect of 2-Phenylethanol as Antifungal Agent and Common Antifungals (Amphotericin B, Fluconazole, and Itraconazole) on *Candida* Species Isolated from Chronic and Recurrent Cases of Candidal Vulvovaginitis. *ASSAY and Drug Development Technologies*, 16(3), 141–149. <https://doi.org/10.1089/adt.2017.837>
- Makanjuola, O., Bongomin, F., & Fayemiwo, S.A. (2018). An update on the roles of non-*albicans* *Candida* species in vulvovaginitis. *Journal of Fungi*, 4(4), 121. <https://doi.org/10.3390/jof4040121>
- Martínez-García, E., Martínez-Martínez, J.C., Martín-Salvador, A., González-García, A., Pérez-Morente, M.Á., Álvarez-Serrano, M.A., & García-García, I. (2023). Epidemiological Profile of Patients with Vulvovaginal Candidiasis from a Sexually Transmitted Infection Clinic in Southern Spain. *Pathogens*, 12(6), 756. <https://doi.org/10.3390/pathogens12060756>
- Miró, M.S., Rodríguez, E., Vigezzi, C., Icelly, P.A., Gonzaga de Freitas Araújo, M., Riera, F.O., Vargas, L., Abiega, C., Caeiro, J.P., & Sotomayor, C.E. (2017). Candidiasis vulvovaginal: Una antigua enfermedad con nuevos desafíos (Vulvovaginal candidiasis: An old disease with new challenges). *Revista Iberoamericana de Micología*, 34(2), 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2016.11.006>
- Mitchell, C.M. (2024). Assessment and Treatment of Vaginitis. *Obstetrics & Gynecology*, 144(6), 765–781. <https://doi.org/10.1097/AOG.0000000000005673>
- Mollazadeh-Narestan, Z., Yavarikia, P., Homayouni-Rad, A., Samadi Kafil, H., Mohammad-Alizadeh-Charandabi, S., Gholizadeh, P., & Mirghafourvand, M. (2023). Comparing the effect of probiotic and fluconazole on treatment and recurrence of vulvovaginal candidiasis: A triple-blinded randomized controlled trial. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 15(5), 1436–1446. <https://doi.org/10.1007/s12602-022-09997-3>
- Mtibaa, L., Fakhfakh, N., Kallel, A., Belhadj, S., Belhaj Salah, N., Bada, N., & Kallel, K. (2017). Vulvovaginal candidiasis: Etiology, symptomatology and risk factors. *Journal de Mycologie Médicale*, 27(2), 153–158. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2017.01.003>
- Mukherjee, S., Kundu, I., Askari, M., Barai, R.S., Venkatesh, K.V., & Idicula-Thomas, S. (2021). Exploring the druggable proteome of *Candida* species through comprehensive computational analysis. *Genomics*, 113(2), 728–739. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2020.12.040>
- Neal, C.M., & Martens, M.G. (2022). Clinical challenges in diagnosis and treatment of recurrent vulvovaginal candidiasis. *SAGE Open Medicine*, 10. <https://doi.org/10.1177/20503121221115201>
- Nyirjesy, P., Brookhart, C., Lazenby, G., Schwebke, J., & Sobel, J.D. (2022). Vulvovaginal Candidiasis: A Review of the Evidence for the 2021 Centers for Disease Control and Prevention of Sexually Transmitted Infections Treatment Guidelines. *Clinical Infectious Diseases*, 74(Suppl_2), S162–S168. <https://doi.org/10.1093/cid/ciab1057>
- Osman Mohamed, A., Suliman Mohamed, M., Hussain Mallhi, T., Abdelrahman Hussain, M., Ali Jalloh, M., Ali Omar, K., Omar Alhaj, M., & Makki Mohamed Ali, A.A. (2022). Prevalence of vulvovaginal candidiasis among pregnant women in Africa: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Infection in Developing Countries*, 16(8), 1243–1251. <https://doi.org/10.3855/jidc.15536>
- Pereira, R., dos Santos Fontenelle, R.O., de Brito, E.H.S., & de Moraes, S.M. (2021). Biofilm of *Candida albicans*: formation, regulation and resistance. *Journal of Applied Microbiology*, 131(1), 11–22. <https://doi.org/10.1111/jam.14949>
- Perrine-Walker, F. (2022). Caspofungin resistance in *Candida albicans*: genetic factors and synergistic compounds for combination therapies. *Brazilian Journal of Microbiology*, 53(3), 1101–1113. <https://doi.org/10.1007/s42770-022-00739-9>
- Phillips, N.A., Bachmann, G., Haefner, H., Martens, M., & Stockdale, C. (2022). Topical Treatment of Recurrent Vulvovaginal Candidiasis: An Expert Consensus. *Women's Health Reports*, 3(1), 38–42. <https://doi.org/10.1089/whr.2021.0065>
- Phillips, N.A., Rocktashel, M., & Merjanian, L. (2023). Ibrexafungerp for the Treatment of Vulvovaginal Candidiasis: Design, Development and Place in Therapy. *Drug Design, Development and Therapy*, 17, 363–367. <https://doi.org/10.2147/dddt.s339349>
- Picheta, N., Piekarz, J., Burdan, O., Satora, M., Tarkowski, R., & Kulak, K. (2024). Phytotherapy of vulvovaginal candidiasis: A narrative review. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(7), 3796. <https://doi.org/10.3390/ijms25073796>
- Pineda-Murillo, J., Cortés-Figueroa, A.Á., Uribarren-Berrueta, T., & Castañón-Olivares, L.R. (2015). Candidosis vaginal. Primera parte: Revisión de la clínica, epidemiología y situación de México (Vaginal candidiasis. first part: epidemiology and current state of Mexico). *Revista Médica de Rivalda*, 21(1), 58–63. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-747970>
- Pristov, K.E., & Ghannoum, M.A. (2019). Resistance of *Candida* to azoles and echinocandins worldwide. *Clinical Microbiology and Infection*, 25(7), 792–798. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2019.03.028>
- Regidor, P.A., Thamkhantho, M., Chayachinda, C., & Palacios, S. (2023). Miconazole for the treatment of vulvovaginal candidiasis. In vitro, in vivo and clinical results. Review of the literature. *Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 43(1), 2195001. <https://doi.org/10.1080/01443615.2023.2195001>

- Rodríguez-Cerdeira, C., Martínez-Herrera, E., Carnero-Gregorio, M., López-Barcenas, A., Fabbrocini, G., Fida, M., El-Samahy, M., & González-Cespón J.L. (2020). Pathogenesis and Clinical Relevance of *Candida* Biofilms in Vulvovaginal Candidiasis. *Frontiers in Microbiology*, 11, 544480. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.544480>
- Sah, S.K., Bhattacharya, S., Yadav, A., Husain, F., Ndiaye, A.B.K.T., Kruppa, M.D., Hayes, J.J., & Rustchenko, E. (2022). Multiple Genes of *Candida albicans* Influencing Echinocandin Susceptibility in Caspofungin-Adapted Mutants. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 66(12), e0097722. <https://doi.org/10.1128/aac.00977-22>
- Sasani, E., Rafat, Z., Ashrafi, K., Salimi, Y., Zandi, M., Soltani, S., Hashemi, F., & Hashemi, S.J. (2021). Vulvovaginal candidiasis in Iran: A systematic review and meta-analysis on the epidemiology, clinical manifestations, demographic characteristics, risk factors, etiologic agents and laboratory diagnosis. *Microbial Pathogenesis*, 154, 104802. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.104802>
- Satora, M., Grunwald, A., Zaremba, B., Frankowska, K., Zak, K., Tarkowski, R., & Kułak, K. (2023). Treatment of Vulvovaginal Candidiasis—An Overview of Guidelines and the Latest Treatment Methods. *Journal of Clinical Medicine*, 12(16), 5376. <https://doi.org/10.3390/jcm12165376>
- Shenoy, A., & Gottlieb, A. (2019). Probiotics for oral and vulvovaginal candidiasis: A review. *Dermatologic Therapy*, 32(4), e12970. <https://doi.org/10.1111/dth.12970>
- Sobel, J.D. (2016). Recurrent vulvovaginal candidiasis. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 214(1), 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2015.06.067>
- Sun, Z., Ge, X., Qiu, B., Xiang, Z., Jiang, C., Wu, J., & Li, Y. (2023). Vulvovaginal candidiasis and vaginal microflora interaction: Microflora changes and probiotic therapy. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 13, 1123026. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1123026>
- Szymański, M., Chmielewska, S., Czyżewska, U., Malinowska, M., & Tylicki, A. (2022). Echinocandins – structure, mechanism of action and use in antifungal therapy. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 37(1), 876–894. <https://doi.org/10.1080/14756366.2022.2050224>
- Talapko, J., Juzbašić, M., Matijević, T., Pustijanac, E., Bekić, S., Kotris, I., & Škrlec, I. (2021). *Candida albicans*—The virulence factors and clinical manifestations of infection. *Journal of Fungi*, 7(2), 79. <https://doi.org/10.3390/jof7020079>
- Tian, J.Y., Yang, Y.G., Chen, S., Teng, Y., & Li, X.Z. (2021). Genetic diversity and molecular epidemiology of *Candida albicans* from vulvovaginal candidiasis patients. *Infection, Genetics and Evolution*, 92, 104893. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2021.104893>
- Tortorano, A.M., Prigitano, A., Morroni, G., Brescini, L., & Barchiesi, F. (2021). Candidemia: Evolution of Drug Resistance and Novel Therapeutic Approaches. *Infection and Drug Resistance*, 14, 5543–5553. <https://doi.org/10.2147/IDR.S274872>
- Van Genechten, W., Vergauwen, R., & Van Dijck, P. (2023). The intricate link between iron, mitochondria and azoles in *Candida* species. *The FEBS Journal*, 291(16), 3568–3580. <https://doi.org/10.1111/febs.16977>
- Van Riel, S.J.J.M., Lardenoije, C.M.J.G., Oudhuis, G.J., & Cremers, N.A.J. (2021). Treating (Recurrent) Vulvovaginal Candidiasis with Medical-Grade Honey—Concepts and Practical Considerations. *Journal of Fungi*, 7(8), 664. <https://doi.org/10.3390/jof7080664>
- Willems, H.M.E., Ahmed, S.S., Liu, J., Xu, Z., & Peters, B.M. (2020). Vulvovaginal Candidiasis: A Current Understanding and Burning Questions. *Journal of Fungi*, 6(1), 27. <https://doi.org/10.3390/jof6010027>
- Zahedifard, T., Khadivzadeh, T., & Rakhshkhorshid, M. (2023). The Role of Probiotics in the Treatment of Vulvovaginal Candidiasis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ethiopian Journal of Health Sciences*, 33(5), 881–890. <https://doi.org/10.4314/ejhs.v33i5.18>
- Zhang, X., Li, T., Chen, X., Wang, S., & Liu, Z. (2018). Nystatin enhances the immune response against *Candida albicans* and protects the ultrastructure of the vaginal epithelium in a rat model of vulvovaginal candidiasis. *BMC Microbiology*, 18(1), 166. <https://doi.org/10.1186/s12866-018-1316-3>
- Zhao, Y., Yu, Z., & Yue, X. (2021). Evaluating the accuracy and diagnostic value of CFW and a new fluorescent reagents, fluorescent brightener 85, for the diagnosis of vulvovaginal candidiasis. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 35(8), e23891. <https://doi.org/10.1002/jcla.23891>

Utilidad de la Valoración Ultrasonográfica en el Manejo de la Vía Aérea

Josefina Altamira García¹, Gabriela De León Altamira²

Resumen

El manejo de la vía aérea constituye un componente esencial de la seguridad anestésica y de la atención en medicina crítica y de urgencias. Sin embargo, las herramientas tradicionales para predecir una vía aérea difícil presentan limitaciones en sensibilidad y especificidad, lo que ha impulsado la búsqueda de métodos diagnósticos más objetivos y precisos. El objetivo de este trabajo fue analizar la utilidad de la ultrasonografía como herramienta complementaria para la evaluación y el manejo de la vía aérea. Se desarrolló una revisión narrativa de la literatura mediante la consulta de bases de datos científicas, como PubMed, MEDLINE y Google Scholar, considerando estudios originales, revisiones, guías clínicas y reportes de casos publicados desde 2024. Los resultados evidencian que la ecografía a pie de cama (POCUS) permite una valoración rápida, no invasiva y reproducible de la anatomía de la vía aérea, facilitando la predicción de intubación difícil, la confirmación de la correcta colocación del tubo endotraqueal, la selección del tamaño del dispositivo, la guía para procedimientos invasivos y la identificación de estructuras anatómicas relevantes. Asimismo, se describen los principios físicos del ultrasonido, la técnica de exploración y las principales aplicaciones clínicas en anestesiología y medicina de urgencias. Se concluye que la valoración ultrasonográfica representa una herramienta prometedora para mejorar la seguridad del paciente y optimizar la toma de decisiones clínicas en el manejo de la vía aérea, aunque su implementación requiere capacitación especializada y mayor evidencia clínica que permita estandarizar su uso.

Palabras clave: ultrasonografía, manejo de la vía aérea, ecografía POCUS, intubación difícil, anestesiología, medicina crítica.

Cómo citar: Altamira García, J., De León Altamira, G. (2026). Utilidad de la Valoración Ultrasonográfica en el Manejo de la Vía Aérea. En Altamira, J., Calles, M. (Coord.). *Salud y Género: retos y aportes desde la investigación*. High Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/saludygenero13>

1. <https://orcid.org/0000-0001-5486-1437>, jaltamira@docentes.uat.edu.mx | Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

2. <https://orcid.org/0009-0007-7080-4353>, gabydla19.03.2000@gmail.com | Universidad Autónoma de Tamaulipas, México

Utility of Ultrasound Assessment in Airway Management

Abstract

Airway management is a fundamental component of patient safety in anesthesia, critical care, and emergency medicine. However, conventional methods used to predict difficult airways have shown limited sensitivity and specificity, encouraging the adoption of more objective diagnostic approaches. This study aimed to analyze the usefulness of ultrasonography as a complementary tool for airway assessment and management. A narrative literature review was conducted using scientific databases including PubMed, MEDLINE, and Google Scholar, incorporating original studies, review articles, clinical guidelines, and case reports published from 2024 onward. The findings indicate that point-of-care ultrasound (POCUS) provides a rapid, non-invasive, and reproducible assessment of airway anatomy, improving the prediction of difficult intubation, confirmation of endotracheal tube placement, selection of appropriate airway devices, guidance for invasive procedures, and identification of relevant anatomical structures. The review also summarizes the physical principles of ultrasound imaging, scanning techniques, and its principal clinical applications in anesthesiology and emergency care. It is concluded that ultrasonographic airway assessment is a promising strategy for enhancing patient safety and supporting clinical decision-making during airway management, although broader clinical evidence and standardized training are still required for its widespread implementation.

Keywords: ultrasonography; airway management; point-of-care ultrasound (POCUS); difficult intubation; anesthesiology; critical care.

Introducción/Contextualización Teórica

El manejo de la vía aérea es la piedra angular en los pacientes que llegan a salas de operaciones, a unidades de cuidados intensivos y a unidades de emergencias, con aproximadamente 15 millones de intubaciones realizadas anualmente en salas de operaciones y 650 000 realizadas en otros escenarios de los hospitales de Estados Unidos.

A pesar de esta rutina natural, el manejo de la vía aérea acarrea riesgos significativos: 5-8% de las intubaciones traqueales son difíciles y 0.05-0.35 % son imposibles. Aún más alarmante, 0.00019-0.04 % de los casos progresan a escenarios donde “no se puede intubar, no se puede ventilar” (Riveros-Perez et al., 2025).

El manejo de la vía aérea es una de las habilidades más importantes de cualquier anestesiólogo; un aproximado del 64 % de las muertes que se relacionan con la anestesia son debidas a incidencias relacionadas con el manejo de la vía aérea, durante su inducción o en su aseguramiento.

El manejo de la vía aérea es indispensable como parte de la seguridad de la anestesia. La principal

causa de morbilidad y mortalidad son las incidencias respiratorias, de entre las cuales destacan: la intubación imposible, la dificultad en la ventilación e intubación esofágica no detectada. El 25 % de los eventos respiratorios derivan en muerte o daño neurológico persistente.

Los predictores de vía aérea difícil, tales como la escala de Mallampati o la valoración de riesgo de Wilson, adolecen de poca sensibilidad y especificidad cuando son sometidos a la métrica estadística que evalúa el rendimiento y la precisión de una prueba diagnóstica o modelo predictivo, y caen por abajo de los umbrales aceptables de diagnóstico. Por ejemplo, la prueba de la apertura de la boca tiene una sensibilidad de 0.22, mientras que, si los mejores predictores se realizaran (ejemplo, el test de la mordida, que tiene una sensibilidad de 0.67), todavía aumentarían los casos de alto riesgo. Los falsos negativos son especialmente peligrosos porque dejan sin preparación a los médicos con estos cambios inesperados (Heidegger & Pandit, 2025). Algunos expertos se han cuestionado si

las herramientas tradicionales de evaluación ofrecen un significado clínico benéfico (Jackson & Rondeau, 2026; Heidegger & Pandit, 2025).

Estas limitaciones subrayan la necesidad crítica de ser más objetivos, precisos y de usar clínicamente herramientas prácticas para predecir dificultad en la vía aérea.

Algunos predictores de vía aérea difícil son: obesidad, presencia de barba, historia de ronquido, Mallampati III o IV y protrusión de la mandíbula (Rusotto & Sorbello, 2025).

Al analizar la utilidad del ultrasonido como herramienta complementaria en la evaluación y manejo de la vía aérea, es necesario conocer la anatomía de la vía aérea superior, incluyendo la laringe, las cuerdas vocales, la tráquea y otras modalidades de evaluación de la vía aérea que incluyen los predictores de laringoscopia difícil, el acceso de emergencia de la vía aérea, la confirmación del tubo endotraqueal, el cálculo del tamaño del tubo endotraqueal y la profundidad del mismo, entre otros.

El estudio de la ultrasonografía en busca de criterios de intubación difícil puede realizarse. En las dos últimas décadas, la aplicación clínica del uso del ultrasonido se ha extendido no solo para la visualización de estructuras anatómicas y la identificación de patologías, sino también para facilitar algunos procedimientos médicos. El uso de la ecografía en la cabecera del paciente (POCUS) ha ganado popularidad para orientar el diagnóstico en el caso de patología aguda, así como para evaluar las estructuras de la vía aérea superior (Salvatore Paterno et al., 2026).

Los anestesiólogos, médicos de cuidados intensivos y de urgencias consideran que la utilidad de esta tecnología es la de una herramienta valiosa y no invasiva para evaluar y realizar procedimientos de mínima invasión para el manejo de la vía aérea. La evidencia ha mostrado una fuerte correlación entre los parámetros medidos de la vía aérea y los grados observados de laringoscopia (Heidegger & Pandit, 2025; Lamperti et al., 2025).

La técnica de imagen de ultrasonografía (US) emerge como una herramienta no invasiva, nueva y simple para la valoración y el manejo de la vía aérea. En un inicio, lo que se publicaba era sobre tejidos blandos del cuello, enfocándose en la estructura pretraqueal y su pared anterior; en años recientes hay estudios y reportes que describen varios roles de la imagen ultrasonográfica en el manejo de la vía aérea. Esto ayuda a realizar una valoración rápida de la anatomía de la vía aérea, no solo en el quirófano, sino también en la unidad de cuidados intensivos y en el área de urgencias.

La técnica de exploración de la vía aérea POCUS consiste en dividir las estructuras de las vías respi-

ratorias superiores en áreas suprahioideas e infrahioideas. Un transductor lineal de alta frecuencia (13-6 MHz) es adecuado para explorar las estructuras infrahioideas de la vía aérea, mientras que el transductor curvo de baja frecuencia (3.8 MHz) es más adecuado para la lengua y las estructuras suprahioideas más profundas.

Varias aplicaciones clínicas de la imagen (US) de la vía aérea superior incluyen: identificación del tubo endotraqueal colocado (TTE), guía de traqueostomía percutánea y cricotiroidotomía, detección de estenosis subglótica, predicción de dificultad a la intubación y estridor posextubación, predicción del tamaño del tubo endotraqueal en pediatría y del tamaño del tubo de doble lumen (TDL) (Heidegger & Pandit, 2025; Lamperti et al., 2025; Salvatore Paterno et al., 2026).

En esta narrativa observaremos las indicaciones de la técnica de vía aérea POCUS y ampliaremos la perspectiva para otras situaciones relacionadas con la evaluación de la vía aérea, ante la necesidad de ser más objetivos, precisos y de predecir las dificultades clínicas de la vía aérea.

Metodología

Utilizando datos de bases de datos electrónicas, como PubMed, MEDLINE y Google Scholar, se buscaron en la literatura palabras clave como: ultrasonido de vía aérea, anestesia, manejo de la vía aérea y dificultad de vía aérea.

Los artículos fueron buscados por título y resúmenes, así como revisiones completas, para ser elegidos. Los artículos publicados desde 2024 en adelante fueron incluidos, enfocados en estudios originales, artículos de revisión, guías clínicas y casos reportados sobre la aplicación de la evaluación de la vía aérea con ultrasonido. Los hallazgos se organizaron de manera temática; se enfatizan las características de la ultrasonografía, su aplicación clínica en la vía aérea, sus limitaciones y su proyección futura.

Resultados

Características físicas del ultrasonido

La US es una frecuencia acústica por arriba de lo que escucha el ser humano (20 kHz). En la práctica médica, los pulsos de alta frecuencia de ondas de sonido son usados (2.5-10 MHz). Las imágenes ultrasonográficas usan altas frecuencias de ondas de sonido (1-20 MHz) para generar, en tiempo real, visualizaciones de estructuras anatómicas (Heidegger & Pandit, 2025; Lamperti et al., 2025).

La sonda que genera esta onda contiene cristales piezoeléctricos que convierten la energía eléctrica en una onda de sonido y regresa en forma de eco de energía eléctrica desde las interfases de los tejidos.

La reflexión, refracción, dispersión, absorción y transmisión del sonido ocurren cuando este pasa a través de estructuras de tejido suave, permitiendo la caracterización de la forma y estructura interna detrás de éste. La reflexión del sonido es marcada en la interfaz entre los tejidos y las diferentes impedancias acústicas. La imagen es construida a partir de la reflexión de las señales de sonido.

La energía eléctrica es entonces procesada para obtener imágenes en 2D o 3D. Los grados de reflexión de las ondas en las interfases de los tejidos son determinados por la impedancia acústica del medio, una propiedad determinada principalmente por la densidad de los tejidos. De tal manera que estructuras densas, como el hueso, muestran una impedancia acústica alta, que resulta en una fuerte reflexión y aparecen en el ultrasonido como estructuras brillantes hiperecoicas. En contraste, la impedancia acústica baja que tiene el aire atenúa más las ondas del ultrasonido, generando una imagen oscura anecoica. Estas propiedades acústicas, cuando son aplicadas a la vía aérea, permiten la distinción de tejidos suaves, cartílago, hueso y conducción de la vía aérea.

La selección del transductor resulta crucial para obtener una imagen óptima de la vía aérea. El transductor lineal tiene una alta frecuencia (típicamente 7-15 MHz), que nos proporciona excelentes imágenes de resolución, a expensas de su limitada penetración en los tejidos, haciéndolo ideal para evaluar estructuras superficiales, tales como la membrana cricotiroidea, la epiglotis y las cuerdas vocales. En contraste, el transductor curvilíneo, con una frecuencia baja (2-5 MHz), ofrece una penetración más profunda con un campo de visualización más amplio, haciéndolo útil para evaluar la base de la lengua o la distancia hiomental (Riveros-Perez et al., 2025; Heidegger & Pandit, 2025).

Posición del paciente. El paciente debe estar colocado en posición supina, con la cabeza en posición neutra o extendida. La posición de olfateo, comúnmente usada durante la intubación, alinea los ejes oral, faríngeo y laríngeo y permite la manipulación de la sonda para incrementar la superficie del área. La posición del transductor dependerá del objetivo de la vista sonográfica.

Si el cuello está extendido, se usa para explorar las estructuras infrahioideas y, con una almohada debajo del occipucio, para mejorar de manera óptima la extensión de la cabeza y la flexión del

cuello en posición de olfateo, para explorar estructuras suprahioideas.

Un transductor lineal de alta frecuencia (7-15 MHz) es el adecuado para explorar las estructuras infrahioideas de la vía aérea, y el transductor curvo de baja frecuencia (3-8 MHz) es adecuado para la lengua y las estructuras suprahioideas más profundas.

La interpretación de las imágenes (US) requiere el entendimiento de los principios físicos que envuelven la generación de imágenes US. La selección del transductor, la orientación y la anatomía relevante de la vía aérea hacia imágenes US son importantes para evaluar la anatomía de la vía aérea (Riveros-Perez et al., 2025; Heidegger & Pandit, 2025).

Orientación del transductor del cuello. Vista sagital (longitudinalmente en la línea media), vista parasagital (longitudinal lateral de la línea media) y vista transversa (cruza transversalmente la superficie anterior del cuello) (Soni et al., 2025).

Apariciones de los diferentes medios de la vía aérea.

El aire es un medio pobre para el US y no permite la visualización de estructuras profundas. El aire intraluminal produce tanto colas de cometa como artefactos de reverberación. Las estructuras óseas, como el mentón, la rama de la mandíbula, el hueso hioides y el esternón, aparecen como líneas estructurales brillantes hiperecoicas, con una sombra acústica debajo.

Las estructuras cartilaginosas (tiroides y cartílago cricoides) son homogéneamente hipoecoicas. El tejido muscular y conectivo tiene apariencia estriada heterogénea hipoecoica. La estructura grasa y glandular son homogéneas y suaves a fuertemente hiperecoicas, en comparación con tejidos adyacentes suaves, dependiendo del contenido graso y del parénquima ganglionar. La interfase de la mucosa aérea (M-A) tiene una apariencia lineal brillante hiperecoica (Heidegger & Pandit, 2025; Soni et al., 2025).

Sonoanatomía de la vía aérea superior. Las cavidades nasales, oral, faríngea, laríngea y tráquea están completamente llenas de aire. Sin embargo, otras estructuras pueden ser visualizadas en relación con su localización anatómica.

Epiglotis (E). En la vista parasagital y transversa, a través de la membrana tiroidea (MT), es visible como una estructura curvilínea hipoecoica. Este borde anterior es demarcado por el espacio preepiglótico (EPE) hiperecoico y su borde posterior por una interfase lineal brillante (A-M). Cualquier in-

terfase entre la mucosa que recubre la vía aérea superior y el aire dentro de ésta puede producir la apariencia lineal brillante hiperecoica. La epiglotis puede ser fácilmente identificada en casi todos los individuos en el plano transversal, con una variante de angulación cefálica o caudal del transductor lineal. Debido a la sombra acústica producida por el hueso hioides, no es fácil visualizar la epiglotis en el plano parasagital. Extendiendo la vista sagital submandibular (entre el hueso hioides y el mentón), usando un transductor curvo, puede también identificarse la epiglotis. La identificación de la epiglotis puede facilitarse por la protrusión de la lengua y el tragar, cuando ésta se convierte en una estructura móvil, visible, inferior hacia la base de la lengua (Heidegger & Pandit, 2025; Lamperti et al., 2025).

Lengua y piso de la boca. La lengua puede ser visualizada más profundamente hacia los músculos del piso de la boca. La superficie dorsal de la lengua tiene una apariencia hiperecoica curvilínea debido a una interfase A-M. Los músculos intrínsecos de la lengua le dan una apariencia estriada en la sonografía. Por otro lado, los músculos extrínsecos de la lengua que pueden ser visualizados con sonografía son el geniohiodeo (GH), el geniogloso (GG) y el hiogloso (HG). El resto de los músculos están oscuros por la rama mandibular y la mastoides. En la vista sagital, los músculos milohioides (MH) y los músculos geniohioides aparecen como bandas lineales hipoeoicas, extendiéndose entre la mandíbula y el hueso hioides. Los músculos geniogloso y hiogloso descansan sobre el músculo geniohiodeo y son vistos corriendo de una manera específica hacia la superficie dorsal de la lengua (Heidegger & Pandit, 2025; Lamperti et al., 2025).

Hueso hioides. Las vistas transversal y sagital pueden ser usadas para visualizar el hueso hioides. Este último es visible en la vista transversal como una estructura lineal superficial, en forma de U invertida, hiperecoica, con una sombra acústica posterior. En la vista sagital, parasagital y submandibular extendida, el hueso hioides tiene una estructura angosta hiperecoica curva que moldea una sombra acústica. En la imagen sublingual, abordaje descrito por Tsui, la estructura originalmente hiperecoica es el hueso hioides.

Cuerdas vocales. El cartílago tiroideo (CT) provee la mejor ventana hacia la vista de las cuerdas vocales. Estas son vistas formando un triángulo isósceles con una sombra central traqueal y son delineadas medialmente por los ligamentos vocales hiperecoicos (LV). Las cuerdas vocales falsas (CF) descansan paralelas y cefálicas a las cuerdas

vocales verdaderas y son, en apariencia, más hiperecoicas. Durante la fonación, las cuerdas verdaderas oscilan y se mueven hacia la línea media cuando son comparadas con las cuerdas falsas, las cuales permanecen relativamente inmóviles. El movimiento de la cuerda vocal puede visualizarse mejor con una prueba 3D, con interfase líquida (baño de agua) entre la prueba 3D y la piel (Heidegger & Pandit, 2025; Lamperti et al., 2025; Soni et al., 2025).

Cartílago cricoides y membrana cricotiroidea. El cartílago cricoides (CC) tiene una apariencia oval hipoeoica en la vista parasagital y puede ser visto como una joroba en la vista transversal. La superficie posterior de su pared anterior es delineada por una interfase brillante aire-mucosa (A-M), así como por el artefacto de reverberación del aire intraluminal (ATC). La membrana cricotiroidea (MCT) es vista en una vista sagital y parasagital como una banda de enlace hiperecoica entre los cartílagos tiroideo y cricoides hipoeoicos. Los anillos traqueales tienen una apariencia hiperecoica. En la vista sagital y parasagital, ellos parecen un “collar” y, en la vista transversal, forman una U invertida resaltada por una interfase lineal hiperecoica A-M y un artefacto de reverberación posterior (Heidegger & Pandit, 2025; Lamperti et al., 2025).

Para la técnica POCUS se identifica el cartílago tiroideo hipoeoico, en forma de V invertida, y se desliza lentamente el transductor, colocado en posición transversal, hacia caudal para identificar la membrana cricotiroidea, que está revestida por una interfase aire-mucosa (A-M) hiperecoica. Posteriormente, se desliza el transductor más hacia abajo para identificar el cartílago cricoides, hipoeoico y con forma de arco, revestido posteriormente por una interfase A-M hiperecoica. Una vez identificado el cartílago cricoides, se desplaza el transductor en sentido cefálico hasta la mitad de la membrana cricotiroidea, donde se realiza la marcación. Este procedimiento se denomina técnica TACA (cartílago tiroideo-línea de aire-cartílago cricoides-línea de aire), la cual fue descrita por Kristensen (Heidegger & Pandit, 2025; Soni et al., 2025).

Glándula tiroidea. A nivel de la muesca supraesternal (MSE), en la vista transversal, los dos lóbulos y el istmo pueden ser visualizados anterolateralmente a la tráquea. El parénquima de la tiroides normal tiene una apariencia que es más ecogénica (hiperecoica) que los músculos infrahioides. En la vista transversal oblicua, otras estructuras relevantes del cuello, como el esófago, los cuerpos vertebrales y la arteria carótida interna, pueden ser fácilmente identificadas, descansando lateralmente a la glándula tiroidea.

Esófago. Es observado en la vista transversa oblicua, a nivel de la muesca supraesternal, posterolateral a la tráquea. La identificación del esófago puede facilitarse pidiéndole al paciente que trague, lo que resulta en un movimiento peristáltico visible del lumen esofágico (Heidegger & Pandit, 2025; Soni et al., 2025).

Aplicaciones del ultrasonido en el manejo de la vía aérea. Valoración del diámetro de la vía aérea superior subglótica y predicción del tamaño del tubo endotraqueal (Laverde-Sabogal et al., 2026).

La ultrasonografía ha emergido como una herramienta confiable para valorar el diámetro más estrecho del lumen cricoideo (diámetro transversal). La calcificación edad-dependiente del cartílago laríngeo ocurre en la tercera década de la vida, creando una sombra acústica, lo que constituye una limitación ultrasonográfica laríngea en pacientes ancianos. En pacientes pediátricos, el diámetro de la vía aérea superior subglótica, medido por ultrasonografía, es un buen predictor de la colocación correcta e incorrecta del tamaño de los tubos endotraqueales (Seo et al., 2025; Soni et al., 2025).

Predicción de la dificultad a la laringoscopia en pacientes obesos. La medición ultrasonográfica de los tejidos blandos de la parte anterior del cuello ayuda a predecir la dificultad a la laringoscopia en pacientes obesos. La distancia de la piel hacia el aspecto anterior de la tráquea es medida en tres niveles: cuerdas vocales, istmo tiroideo y muesca supraesternal. La cantidad de tejido blando en cada nivel puede ser calculada promediando la cantidad de tejido blando, en milímetros, obtenida en el eje central del cuello y 15 mm hacia la derecha. Los investigadores han encontrado que el tejido blando pretraqueal, a nivel de las cuerdas vocales, es un buen predictor de dificultad a la laringoscopia en pacientes obesos. Los pacientes con mayor cantidad de tejido pretraqueal (28 mm) y una mayor circunferencia del cuello (50 cm), a nivel de las cuerdas vocales, tienen dificultad para la laringoscopia (Seo et al., 2025).

Papel del ultrasonido en dilatación percutánea en traqueostomía. La identificación precisa de estructuras del cuello anterior durante la dilatación percutánea en traqueostomía puede eliminar temidas complicaciones, como hemorragia, estenosis traqueal, erosión en los vasos mediastinales altos y daño en el istmo de la tiroides. Aunque las estructuras dentro o debajo de la tráquea no sean vistas, hay mucha información útil que puede ser obtenida acerca de la anatomía pretraqueal y paratraqueal usando el US. Antes de proceder a una dilatación percutánea de traqueostomía, el área

pretraqueal debe ser examinada en la línea media traqueal, aproximadamente a nivel del cartílago traqueal: vena yugular anterior (su diámetro y localización, por ejemplo, dentro o cerca de la línea media), istmo tiroideo, vasos tiroideos vulnerables y algún otro vaso aberrante. En algún momento será posible tener una guía en tiempo real en la colocación de dilatadores y tubos de traqueostomía mediante el uso de la ultrasonografía (Salvatore Paterno et al., 2026; Russotto & Sorbello, 2025).

Predictor de estridor posextubación. La ultrasonografía laríngea es una herramienta no invasiva para la evaluación de las cuerdas vocales y la morfología laríngea en pacientes intubados. La columna de aire ancha, medida por el US, puede potencialmente identificar pacientes con riesgo de presentar estridor posextubación, en quienes la extubación debe ser realizada con mucha precaución. Se ha identificado que, después del manguito desinflado, una columna de aire ancha de 4.5 (0.8) mm fue asociada con estridor posextubación, mientras que los pacientes que no desarrollaron estridor presentaron una columna de aire de 6.6 (2) mm. (Salvatore Paterno et al., 2026).

Canulación transtraqueal electiva y cricotirotomía de emergencia. La localización exitosa de la tráquea juega un papel importante en el manejo de la vía aérea difícil, tanto en casos de emergencia como en procedimientos electivos. Las imágenes ultrasonográficas ayudan a identificar la tráquea para realizar una canulación de emergencia o electiva durante una cricotirotomía. Esto resulta particularmente útil en situaciones donde la localización de la tráquea es difícil debido a masas en el cuello o edema, por ejemplo, en pacientes con bocio de gran tamaño, angina de Ludwig, etcétera (Salvatore Paterno et al., 2026).

Guía ultrasonográfica de la vía aérea superior para facilitar la intubación despierto en anestesia. El nervio laríngeo superior, localizado entre el hueso hioides y el cartílago tiroideos, puede visualizarse fácilmente en una vista transversa ultrasonográfica que cruce el hueso hioides. La membrana entre el hueso hioides y el cartílago tiroideos es una línea isoecogénica (con aire hiperecogénico debajo), a ambos lados del hueso hioides.

Intubación endotraqueal, intubación esofágica y colocación de tubo doble lumen endobronquial. Para lograr una anestesia completa de las vías respiratorias para la intubación orotraqueal con el paciente despierto, se requieren tres tipos de bloqueos regionales: glossofaríngeo (orofaríngeo), laríngeo superior (laringe por encima de las cuerdas vocales) y translaríngeo (laringe y tráquea por debajo de las cuerdas vocales). La vi-

sualización ecográfica del nervio laríngeo superior puede no ser fácil y puede ser inconsistente incluso con la localización de la arteria laríngea superior. El hueso hioides, el cartílago tiroideos y la membrana tirohioidea se identifican de manera fácil con el ultrasonido. El depósito de anestesia local en el plano del tejido diana alrededor de la membrana tirohioidea bloquea de forma efectiva la rama interna del nervio laríngeo superior, que es la requerida para este procedimiento.

La técnica se realiza con el paciente en decúbito supino, con el cuello extendido. Se prepara la piel con clorhexidina, se coloca el transductor lineal de alta frecuencia en plano sagital de la línea media y se identifica el hueso hioides (hiperecoico, con una sombra de caída por debajo), el cartílago tiroideos y la membrana tirohioidea que los conecta. Se desliza el transductor lateral en el punto medio entre la línea media anterior y al nivel del cuerno mayor del hueso hioides; posterolateralmente se inserta una aguja calibre 22 de 50 mm en el plano para perforar la membrana tirohioidea. Se inyectan 2 ml de lidocaína al 2 %, lo que corresponde a 40 mg. Se repiten las indicaciones en el otro lado. En pacientes con cuellos cortos, se utiliza la vista transversal o un transductor con una huella pequeña, como el tipo palo de hockey.

Bloqueo translaríngeo. Puede inducir tos, dado que el anestésico puede irritar la mucosa traqueal; por ello, se advierte previamente al paciente. Esta inyección sirve para anestesiar el área subglótica. Se identifica la MCT y, una vez identificada en el plano sagital, se desliza una cánula intravenosa calibre 22 entre el transductor y el cuello del paciente, desde el extremo craneal. Se ajusta la cánula deslizándola y alineándola hacia el centro de la MCT. Se retira la aguja hasta que desaparezca de la pantalla; en ese momento, se retira el transductor y se inclina la aguja en posición perpendicular a la piel, manteniendo el punto de entrada. Se coloca una jeringa de 5 ml con lidocaína al 2 % y se avanza la cánula intravenosa calibre 22 con una suave presión negativa hasta que se aspire aire. Una vez que se ha ingresado a la tráquea, se inyecta el anestésico local para anestesiar la tráquea, las cuerdas vocales y la laringe.

Este bloqueo también puede realizarse con ultrasonido en tiempo real. Una vez que se identifica la MCT en plano sagital en la línea media, la sonda se mueve ligeramente en posición parasagital y se inclina, manteniendo la MCT a la vista. La aguja se inserta fuera de plano a través de la MCT, visualizando solo su punta mientras ingresa a la vía aérea. Una vez que se aspire el aire, se confirma que la punta de la aguja está en la vía aérea y se in-

yecta el anestésico local (Soni et al., 2025; Salvatore Paterno et al., 2026).

Diferentes métodos son usados para confirmar la intubación endotraqueal, desde la auscultación del tórax hasta la detección de CO₂ al final de la espiración. Las imágenes ultrasonográficas permiten visualizar, con el transductor en posición transversa, que el tubo endotraqueal esté en la tráquea con el “signo de la bala”, o bien cuando se encuentra en el esófago con el “signo del doble tracto”. (Ultrasonido de la vía aérea). La movilidad del diafragma puede visualizarse con la ultrasonografía, así como indicar la expansión pulmonar y pleural; esto es una evidencia indirecta, pero anatómica y dinámica, de la correcta función fisiológica de la intubación endotraqueal en pacientes con bloqueo neuromuscular o apnéicos. El movimiento bilateral del diafragma hacia el abdomen puede ser visto por el ultrasonido si el tubo endotraqueal está dentro de la tráquea. Además, con una vista ultrasonográfica intercostal de la interfase de la pared tórax-pulmón, el movimiento de vaivén de la pleura, sincronizado con la ventilación (signo de deslizamiento pulmonar), puede ser visualizado. La intubación esofágica resultará en un estado paradójico e inmóvil del diafragma. La ventilación a través del tubo endotraqueal posicionado en el esófago puede provocar un movimiento paradójico del diafragma, en el cual éste se mueve hacia el tórax debido a un incremento de la presión intraabdominal, como resultado de la distensión del estómago causada por una ventilación con presión positiva. (Salvatore Paterno et al., 2026).

La intubación endobronquial también puede diagnosticarse mediante la evaluación de los movimientos del diafragma y la presencia del signo de deslizamiento pulmonar en el pulmón ventilado (endobronquial), así como por la ausencia o restricción del movimiento diafragmático y la ausencia del signo de deslizamiento en el pulmón contralateral (no ventilado).

Los hallazgos y características ultrasonográficas en tiempo real en la vía aérea pediátrica normal durante la intubación endotraqueal han sido descritos siguiendo los siguientes criterios: 1) identificación de la tráquea y anillos traqueales; 2) visualización de cuerdas vocales; 3) ensanchamiento de la glotis cuando el tubo traqueal pasa a través de ella, y 4) posición del tubo endotraqueal arriba de la carina y demostración del signo de deslizamiento después de la ventilación manual pulmonar. Los investigadores concluyen que el uso del US en la vía aérea pediátrica puede ser fácilmente usado para valorar la correcta posición del tubo traqueal y para detectar la intubación esofágica.

Para predecir el tamaño del tubo bronquial izquierdo de doble lumen, la medición del ancho externo de la tráquea mediante ultrasonido puede ser un método útil para estimar el diámetro del bronquio principal izquierdo y seleccionar el tamaño adecuado del tubo. Los autores encontraron una correlación entre el ancho de la tráquea medido por US y el ancho del bronquio principal izquierdo medido por tomografía computada (Heidegger & Pandit, 2025; Lamperti et al., 2025).

Detección de la posición de la mascarilla laríngea. La US ha sido usada para confirmar la posición de la mascarilla laríngea en la vía aérea. La posición adecuada del manguito para sellar la laringe es requerida para una adecuada ventilación a través de la mascarilla laríngea. El manguito de la mascarilla laríngea fue inflado con líquido y la posición del manguito fue vista por US desde el abordaje lateral. Si la mascarilla laríngea no fue visualizada por US igualmente en ambos sitios de la laringe, esta puede ser reposicionada correctamente (Heidegger & Pandit 2025; Lamperti et al., 2025)

Diagnóstico de patologías de la vía aérea superior. La sinusitis maxilar puede ser detectada antes de planear una intubación nasal. El seno maxilar está encerrado por el piso de la órbita superiormente, el paladar duro inferiormente, la pared nasal medialmente y el cigoma lateralmente. Normalmente, el seno está lleno de aire, perjudicando la transmisión del US. La parte vista es la anterior, con un artefacto conocido como sombra acústica, la cual oscurece todas las estructuras subyacentes. Cuando es llenado con líquido, el US penetra en la pared anterior, viaja a través del líquido y se forman estrías en la pared lateral o posterior, reflejándose hacia el transductor y resultando en una imagen de cavidad sinusal. Esto es conocido como un sinusograma. Un sinusograma parcial, donde solo la pared posterior o un lado de la pared es visto, puede ocurrir debido a la presencia de un nivel de aire-líquido en el seno o al engrosamiento de la mucosa. El paciente debe ser posicionado en una posición reclinada o en posición arriba a la derecha, hasta que el líquido presente siga la gravedad y cubra el piso del seno, estando en contacto con la pared anterior.

La valoración y el diagnóstico de condiciones inflamatorias de la vía aérea superior, como la epiglottitis, la presencia de edema de la mucosa y la función de las cuerdas vocales, han sido también valorados usando US (Heidegger & Pandit, 2025; Lamperti et al., 2025).

Discusión

Aunque la evaluación y el abordaje de la vía aérea muestran un gran potencial, no existe evidencia de los datos en relación con el impacto en la toma de decisiones clínicas. Sin embargo, esta narrativa discute perspectivas que son conocidas acerca de datos anatómicos y de la eficacia del ultrasonido en la vía aérea, que pueden facilitar las decisiones clínicas para la seguridad de la vía aérea en pacientes con alguna dificultad anticipada para su abordaje (Salvatore Paterno et al., 2026; Perin et al., 2026).

Desde el conocimiento básico de la anatomía, con sus visualizaciones específicas de la vía aérea, es necesario mencionar las vistas que permiten una detallada evaluación del espacio supraepiglótico y mediciones de la distancia hiomental (Riveros-Perez et al., 2025).

La vista tirohioidea es usada para identificar la epiglotis hipoecogénica, la que se describe como la boca en el “signo de la cara pequeña”. La visualización de las cuerdas vocales verdaderas es mejor con una vista transversa de la tiroides, donde las cuerdas aparecen como un par de estructuras laterales de la línea media (Heidegger & Pandit, 2025).

La vista transversa cricotiroidea es usada para identificar la membrana cricotiroidea, la que es vista como un artefacto de reverberación en el lumen traqueal (Seo et al., 2025).

La vista supraesternal transversa permite valorar el esófago, típicamente localizado a la izquierda de la tráquea.

La vista longitudinal de la línea media facilita la identificación de los anillos traqueales y del cartílago cricoides, a menudo descrito como un “collar de perlas”, y ayuda en la precisión de la localización de la membrana cricotiroidea.

Y, al final, la vista paramediana tirohioidea nos da el acceso hacia el espacio preepiglótico y es útil para los bloqueos del nervio laríngeo superior, para mejorar la seguridad y eficacia (Salvatore Paterno et al., 2026; Riveros-Perez et al., 2025).

Conclusión

El ultrasonido emergió como una herramienta que vino a transformar la anestesia moderna y los cuidados intensivos. Ofrece, de manera objetiva y en tiempo real, una valoración de la anatomía de la vía aérea para su manejo, superando las limitaciones de los predictores clínicos tradicionales.

La estratificación del riesgo preintubación, usando medidas métricas como la distancia

piel-epiglotis y el índice hiomental para la evaluación dinámica del edema laríngeo y la confirmación de la colocación del tubo endotraqueal, permite que el ultrasonido mejore la precisión, la seguridad y la toma de decisiones clínicas en diversos escenarios.

En procedimientos de urgencia, como la cricotiroidotomía en pacientes con cambios anatómicos, la ultrasonografía aumenta la capacidad para salvar vidas.

Los alcances de la aplicación del US en anestesia se han ampliado considerablemente. El conocimiento del ultrasonido y de la sonoanatomía de la vía aérea superior puede ayudar al anestesiólogo en condiciones relacionadas con la vía aérea. Las vistas transversa y parasagital pueden ayudar a diagnosticar condiciones de la vía aérea supraglótica e infraglótica y asistir al anestesiólogo en el manejo de la vía aérea.

La aplicación de la técnica POCUS de la vía aérea ha sido útil para realizar procedimientos electivos y de emergencia relacionados con la vía aérea.

Aunque la ultrasonografía es operador-dependiente y se requiere la presencia de un ecógrafo, la integración del ultrasonido en la práctica rutinaria está respaldada por una amplia evidencia. El US promete reducir complicaciones, con resultados satisfactorios.

Se requiere redefinir los estándares en el manejo de la vía aérea para futuros avances que incluyan la asistencia de imagen con inteligencia artificial y tecnologías portátiles, con el fin de fortalecer su papel como un apoyo indispensable en el cuidado perioperatorio y de emergencias.

Referencias

- Heidegger, T., & Pandit, J.J. (2025). Difficult Airway management: from the power of prediction to the Art of management. *Anesthesia & Analgesia*, 140(2), 290-294. <https://doi.org/10.1213/ANE.00000000000007202>
- Jackson, J.S., & Rondeau, B. (2026). *Mallampati Score*. Stat Pearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK585119/>
- Lamperti, M., Romero, C.S., Guarracino, F., Cammarota, G., Vetrugno, L., Tufegdzcic, B., Lozsán, F., Macías Frias, J.J., Duma, A. Bock, M., Ruetzler, K., Mulero, S., Reuter, D.A., La Via, L., Rauch, S., Sorbello M., & Afshari, A. (2025). Preoperative assessment of adults undergoing elective noncardiac surgery: Updated guidelines from the European Society of Anaesthesiology and Intensive care. *European journal of Anaesthesiology*, 42(1), 1-35. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000002069>
- Laverde-Sabogal, C.E., & Aguilar Schotborgh, M.Á. (2025). Airway management in the obstetric patient: management strategy. *Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología*, 76(4), 4361. <https://doi.org/10.18597/rcog.4361>
- Perin, D., Tanzillo Moreira, F., & Zasso, F. (2026). The Physiologic Difficult Airway. *Anesthesiology Clinics*, 44(1), 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.anclin.2025.10.005>
- Riveros-Perez, E., Avella-Molano, B., & Rocuts, A. (2025). Airway ultrasound: a narrative review of present use and future applications in anesthesia. *Healthcare*, 13(13),1502. <https://doi.org/10.3390/healthcare13131502>
- Russotto, V., & Sorbello, M. (2025). Airway management in critically ill patients. *British Journal of Anesthesia Education*, 25(9), 375-381. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2025.05.003>
- Salvatore Paterno, D., La Via, L., Lo Giudice, E., Lentini, M., Maniaci, A., Bonaccorso, A.M., Moltisanti, R., Putaggio, A., Pappalardo, F. & Sorbello, M. (2026). Point-of-Care Ultrasound in Airway management. *Journal of Clinical Medicine*, 15(7), 2726. <https://doi.org/10.3390/jcm15072726>
- Seo, H., Oh, C.-S., Joo Choi, G., & Park J.-B. (2025). Clinical roles of point-of-care ultrasonography in airway management. *Anesthesia and Pain Medicine*, 20(4), 318-328. <https://doi.org/10.17085/apm.25346>
- Soni, V.M, Pappu, A., Zarabi, S., Khalil, C., You-Ten, K.E., Siddiqui, N., Wong, D.T., Chan, V., Li, Q., Huzsti, E., Englesakis, M., & Singh, M. (2025). Point-of-care ultrasound of the upper airway in difficult airway management: a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia*, 80(12), 1556–1567. <https://doi.org/10.1111/anae.16751>

Visibilidad y techos de cristal en investigadoras SNII del estado de Tamaulipas

Teresa de Jesús Guzmán Acuña¹, Josefina Guzmán Acuña², Dora María Lladó Lárraga³, Jeny Haideé Espinosa Barajas⁴

Resumen

Las mujeres investigadoras enfrentan distintos retos para producir conocimiento, pero, al mismo tiempo, para lograr la visibilidad de su producción científica. La producción académica o productividad en investigación es definida por la actividad científica que realiza un académico y una académica, y por la producción de resultados tangibles que se generan de dicha actividad. Los “techos de cristal” en la producción del conocimiento representan barreras invisibles, pero persistentes, que limitan el desarrollo pleno de las investigadoras. El presente trabajo se deriva de un proyecto de investigación que se desarrolla a partir de la problemática relacionada con la producción científica femenina, planteando tres preguntas centrales: ¿Qué investigan y publican las mujeres investigadoras de Tamaulipas?, ¿Qué retos enfrentan para lograr dicha producción y su visibilidad?, y ¿Cómo se manifiesta el techo de cristal en este contexto? El objetivo general es analizar la producción académica de las investigadoras del estado de Tamaulipas, identificando los obstáculos que enfrentan para su desarrollo y visibilidad, con el fin de determinar si existe un techo de cristal que limite su trayectoria académica. La metodología tiene un enfoque cuantitativo, y la muestra está conformada por 98 mujeres investigadoras integrantes del SNII en el estado de Tamaulipas. A pesar de contar con las competencias necesarias, las investigadoras enfrentan desigualdades estructurales que obstaculizan su reconocimiento y posicionamiento en el ámbito científico, lo que reproduce dinámicas de exclusión y limita la diversidad en la generación del conocimiento.

Palabras clave: investigadores, producción académica, visibilidad.

Cómo citar: Guzmán, T., Guzmán, J., Lladó, D., Espinosa, J. (2026). Visibilidad y techos de cristal en investigadoras SNII del estado de Tamaulipas. En En Altamira, J., Calles, M. (Coord.). *Salud y Género: retos y aportes desde la investigación*. High Rate Consulting. <https://doi.org/10.38202/saludygenero14>

1. <https://orcid.org/0000-0003-4760-930X>, tjguzman@docentes.uat.edu.mx | Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
2. <https://orcid.org/0000-0001-7933-0560>, jguzman@docentes.uat.edu.mx | Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
3. <https://orcid.org/0000-0003-2368-3695>, dlldado@docentes.uat.edu.mx | Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
4. <https://orcid.org/0000-0002-8679-5697>, jhespinoza@docentes.uat.edu.mx | Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

Visibility and Glass Ceilings Among SNII Women Researchers in the State of Tamaulipas

Abstract

Women researchers face multiple challenges in producing knowledge and, at the same time, in achieving visibility for their scientific output. Academic production, or research productivity, is defined as the scientific activity carried out by researchers and the tangible outputs generated from that activity. The “glass ceiling” in knowledge production represents invisible yet persistent barriers that limit the full development of women researchers. This study derives from a research project addressing issues related to women’s scientific production and is guided by three central research questions: What do women researchers in the state of Tamaulipas investigate and publish? What challenges do they face in achieving such scientific production and visibility? How does the glass ceiling manifest itself in this context? The general objective is to analyze the academic production of women researchers in the state of Tamaulipas by identifying the obstacles they face in their professional development and visibility, in order to determine whether a glass ceiling limits their academic careers. The study adopts a quantitative approach, and the sample consists of 98 women researchers affiliated with the National System of Researchers and Innovators (SNII) in the state of Tamaulipas. Despite possessing the necessary competencies, women researchers continue to face structural inequalities that hinder their recognition and positioning within the scientific community, thereby reproducing patterns of exclusion and limiting diversity in knowledge production.

Keywords: women researchers; academic productivity; scientific visibility; glass ceiling; gender inequality.

Introducción

El tema de la desigualdad de condiciones de las investigadoras en la producción de conocimiento sigue siendo una prioridad en los estudios de género.

Aunque la Universidad ha sido durante mucho tiempo defensora de las mujeres, al paso que estas han ido ampliando su presencia en los campos de investigación disciplinarios y profesionales, ellas siguen luchando para lograr condiciones de trabajo más igualitarias dentro de las instituciones de educación superior mexicanas. La representación de las profesoras no está proporcionalmente equilibrada en los puestos de investigación de alto nivel (Cortina y Quezada, 2022, p. 5)

De acuerdo a González Sala y Osca-Lluch (2018) “visibilizar a las mujeres dando a conocer sus aportaciones en el desarrollo de la ciencia y el navance del conocimiento sigue siendo una actividad imprescindible en el lento camino hacia la igualdad efectiva entre mujeres y hombres” (p. 2).

Por su parte, Nathalie Heinich (2018a), feminista e integrante del Centro Nacional de Investigación Científica de Francia (CNRS), sostiene que la desigualdad de género en las universidades no se debe a la invisibilidad de las mujeres académicas, sino al proceso de invisibilizarlas, es decir, al acto de hacerlas pasar inadvertidas.

La paridad conduce a la igualdad, pero no conduce a la equidad ni a la recompensa simbólica adecuada a sus contribuciones académicas. Heinich hace un llamado a la equidad, no mediante la visibilidad numérica, sino a través de la visibilización —el reconocimiento— del trabajo académico de las mujeres, no porque sean mujeres y cumplan una cuota de paridad, sino porque son académicas ambiciosas y capaces (Van Reeth, 2018)

También Heinich (2018b) analiza el concepto de “techo de cristal”, el cual alude a las barreras que enfrentan las mujeres en el ámbito laboral al

intentar acceder a cargos de mayor jerarquía. En determinado punto de sus trayectorias profesionales, la presencia femenina disminuye en comparación con los niveles previos, como si existiera una barrera invisible que solo logra superarse en contadas ocasiones.

De acuerdo con Gómez-Gamero (2020), el término “techo de cristal”, originado en las teorías sociológicas, se refiere a una barrera invisible que limita el ascenso profesional de las mujeres y resulta difícil de superar. Esta barrera obstaculiza su progreso laboral y refleja la aceptación de roles de sumisión, conformidad y pasividad que los valores sociales tradicionales, especialmente aquellos asignados a las mujeres, han impuesto.

En el mundo académico, el techo de cristal no se construye solo por la invisibilización del trabajo académico, sino que los patrones de género influyen en el trabajo tanto de las mujeres como de los hombres y en las expectativas de que las mujeres prefieran enseñar antes que participar en la investigación avanzada (Heinich, 2018b, como se citó en Cortina y Quezada, 2022, p. 11)

El presente trabajo se deriva de un proyecto de investigación que se desarrolla a partir de la problemática relacionada con la producción científica femenina, planteando tres preguntas centrales: ¿Qué investigan y publican las mujeres investigadoras de Tamaulipas?, ¿Qué retos enfrentan para lograr dicha producción y su visibilidad?, y ¿Cómo se manifiesta el techo de cristal en este contexto?

El objetivo general es analizar la producción académica de las investigadoras del estado de Tamaulipas, identificando los obstáculos que enfrentan para su desarrollo y visibilidad, con el fin de determinar si existe un techo de cristal que limite su trayectoria académica. La metodología tiene un enfoque cuantitativo, y la muestra son 98 mujeres investigadoras integrantes del SNII en el estado de Tamaulipas.

Análisis de resultados

Datos generales

El estudio se compone de un total de 98 mujeres investigadoras del estado de Tamaulipas. En cuanto a la edad, se observa una distribución intermedia: 24 % tiene entre 41 y 45 años, 20 % entre 46 y 50 años, 17 % tiene 60 años o más, mientras que el resto se distribuye entre los 36 y 60 años.

La institución de procedencia: el 99 % de las encuestadas está adscrita a la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), y solo un 1% al Colegio de Tamaulipas, lo que refleja la concentración del per-

sonal investigador femenino en la Máxima Casa de Estudios del Estado.

Respecto al área de conocimiento, el mayor porcentaje se ubica en las Ciencias Sociales (31 %), seguidas por las Ciencias de Agricultura, Agropecuarias, Forestales y de Ecosistemas (23 %) y Medicina y Ciencias de la Salud (18 %). En menor medida, se reportan Ciencias de la Conducta y la Educación (10 %), Humanidades (6 %), Ingenierías y Desarrollo Tecnológico (4 %), y áreas interdisciplinarias y exactas (6 % combinadas). Esto evidencia una mayor participación femenina en campos sociales y de salud, tradicionalmente más abiertos a la incorporación de mujeres, mientras que la presencia en áreas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) sigue siendo baja.

En cuanto al nivel de reconocimiento en el Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII), el 57 % pertenece al Nivel 1, el 37 % cuenta con el nivel de Candidata y solo el 6 % ha alcanzado el Nivel 2.

Principal producción académica en los últimos 3 años

En lo referente a la producción académica de las investigadoras en Tamaulipas, se encuentra predominantemente concentrada en los artículos indexados, los que representan el 66 % del total (Figura 1). Este hallazgo refleja la alineación de las prácticas de publicación con los criterios establecidos por el Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII), el cual otorga un peso significativo a este tipo de productos para la evaluación del desempeño y la promoción académica. Esta tendencia evidencia cómo las políticas de evaluación científica influyen directamente en las estrategias de visibilización y posicionamiento de las mujeres en el ámbito de la investigación.

Cantidad de artículos publicados los últimos 3 años

La productividad en artículos científicos es alta, ya que el 44 % de las investigadoras ha publicado de tres a cinco artículos en los últimos tres años, lo que equivale a un promedio de entre uno y dos artículos por año. El rango de más de cinco publicaciones es de 31 %, lo que confirma que las investigadoras están alcanzando niveles de producción sostenida en el formato de mayor exigencia académica. Este patrón de productividad sugiere no solo un compromiso activo con la generación de conocimiento, sino también la capacidad de las investigadoras para responder a las presiones institucionales y a los estándares competitivos del

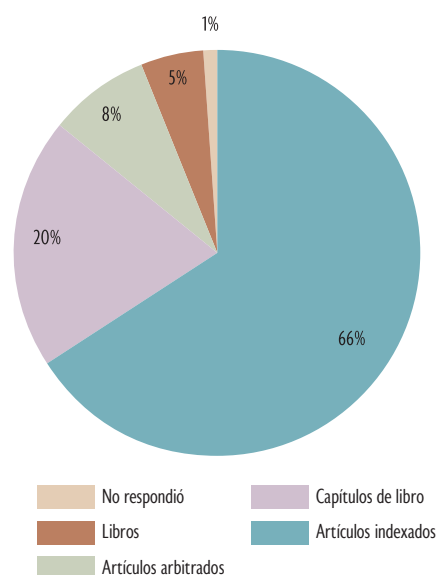


Figura 1.
Producción académica de los últimos 3 años

sistema científico nacional, a pesar de los posibles obstáculos estructurales asociados al techo de cristal. Lo anterior puede reflejarse en la siguiente Figura 2.

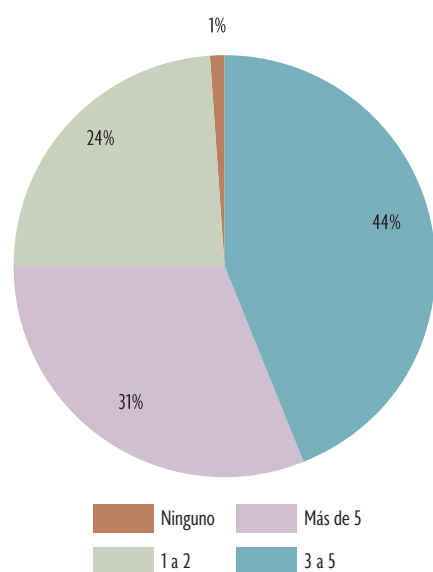


Figura 2.
Artículos publicados en los últimos 3 años

Mayor obstáculo para la publicación de resultados de investigación

El principal obstáculo identificado por las investigadoras para la publicación es la sobrecarga de responsabilidades (40 %), seguida de los procesos editoriales prolongados (23 %) y la falta de tiempo (19 %). Estos dos últimos factores no de-

penden directamente de las instituciones ni de las propias investigadoras, sino de agentes externos vinculados a las dinámicas editoriales del sistema científico. Asimismo, el 15 % señaló el financiamiento como una limitante significativa. En conjunto, el 59 % de las participantes considera que la gestión del tiempo y la carga laboral constituyen los principales desafíos para mantener o incrementar su productividad académica. Este hallazgo pone de relieve la persistencia de inequidades en la distribución de las responsabilidades laborales y personales, que inciden de manera diferenciada en las trayectorias de las mujeres investigadoras. Todo esto se advierte en la Figura 3, la que se observa a continuación.

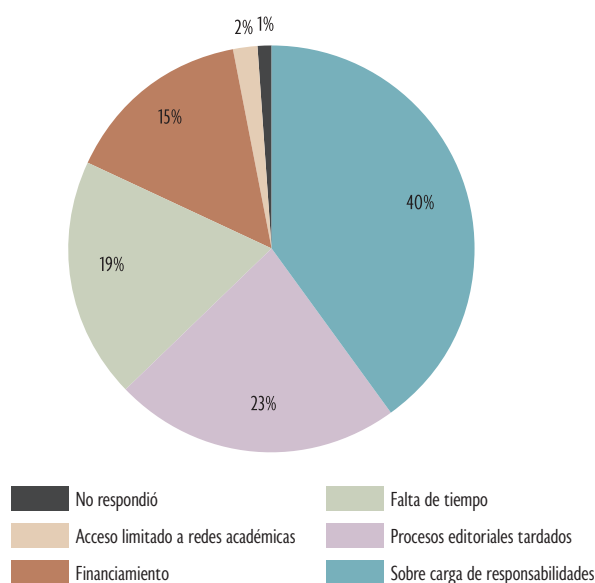


Figura 3.
Mayor obstáculo para publicar

Barreras más importantes en su actividad como investigadora

En este apartado, las participantes ordenaron las barreras proporcionadas de acuerdo con el nivel de presencia que estas tienen en su vida profesional. Aunque la valoración fue realizada con base en la percepción individual, los resultados permiten identificar tendencias claras. La barrera que ocupa el primer lugar es la sobrecarga laboral, lo cual coincide con los hallazgos del apartado anterior y refuerza la idea de que las múltiples responsabilidades docentes, administrativas y personales limitan el tiempo disponible para la investigación.

En segundo lugar, se ubica la escasez de becas para tesis o asistentes de investigación, lo que evidencia la falta de apoyo estructural para fortalecer los equipos de trabajo académico. En el

tercer puesto, las investigadoras mencionan las dificultades para equilibrar la vida personal y profesional, una problemática estrechamente vinculada con la ausencia de tiempo asignado oficialmente para la investigación en sus instituciones.

En cuarto lugar, aparece la falta de apoyo institucional, que refleja la necesidad de políticas internas más equitativas y sensibles al género, orientadas al fortalecimiento de las trayectorias científicas de las mujeres. Finalmente, en quinto lugar, se ubica la discriminación de género, la cual, aunque menos mencionada en comparación con las otras barreras, continúa siendo un factor estructural que incide en las oportunidades de desarrollo y reconocimiento de las investigadoras dentro de esta profesión académica.

Interrupción o disminución de ritmo de trabajo de investigación por responsabilidades de cuidado

El 89 % de las investigadoras (suma de las respuestas “Sí, algunas veces” y “Sí, siempre”) reporta haber interrumpido o disminuido su ritmo de trabajo debido a responsabilidades de cuidado (ver Figura 4). Este dato resulta particularmente revelador, ya que evidencia la estrecha relación entre la trayectoria académica de las mujeres y las dificultades para mantener un equilibrio entre su desarrollo profesional y su vida personal.

Esta situación se vincula directamente con el concepto de techo de cristal, es decir, el conjunto de barreras invisibles que limitan el avance de las mujeres hacia posiciones de mayor reconocimiento o liderazgo dentro de las estructuras académicas y científicas. Las responsabilidades de cuidado, asumidas de manera desproporcionada por las mujeres, constituyen una de las manifes-

taciones más persistentes de estas barreras de género, al restringir su disponibilidad de tiempo, su productividad y, en consecuencia, sus posibilidades de promoción y visibilización en el ámbito investigativo. En este sentido, la carga de cuidados se configura como un factor estructural que refuerza las desigualdades y reproduce los techos de cristal en las trayectorias científicas femeninas.

Equidad entre hombres y mujeres en procesos de promoción y asignación de recursos

En lo referente a este aspecto, las mujeres participantes no señalaron de manera explícita la presencia del concepto de techo de cristal; sin embargo, los resultados permiten inferir su existencia de forma implícita. La percepción más común es que los procesos de promoción y asignación de recursos son “generalmente” equitativos (32 %). No obstante, al sumar las respuestas que expresan algún grado de desigualdad o incertidumbre (“algunas veces”, “no” y “no sé”), se alcanza un 40 % del total de las encuestadas (ver Figura 5).

Este dato revela una fisura significativa en la percepción de equidad institucional, pues una proporción considerable de las investigadoras manifiesta dudas o desconfianza respecto a la imparcialidad de los mecanismos de evaluación, promoción y distribución de apoyos. Esta ambigüedad en la percepción puede interpretarse como una manifestación del techo de cristal, entendido no solo como una limitación objetiva en el acceso a posiciones de poder o recursos, sino también como una barrera simbólica que se expresa en la falta de transparencia, la percepción de sesgos de género y la persistencia de dinámicas institucionales que dificultan la igualdad sustantiva en la carrera científica.

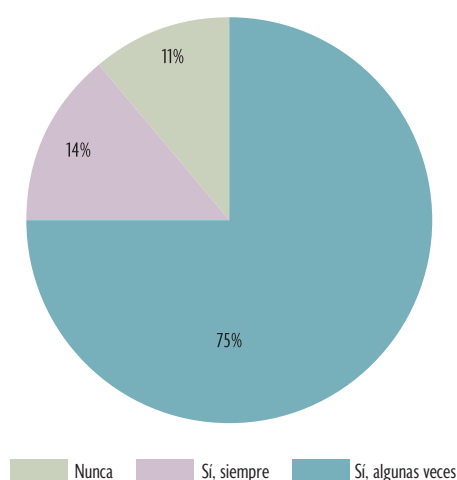


Figura 4.
Interrupción de actividades de investigación debido a responsabilidades de cuidado

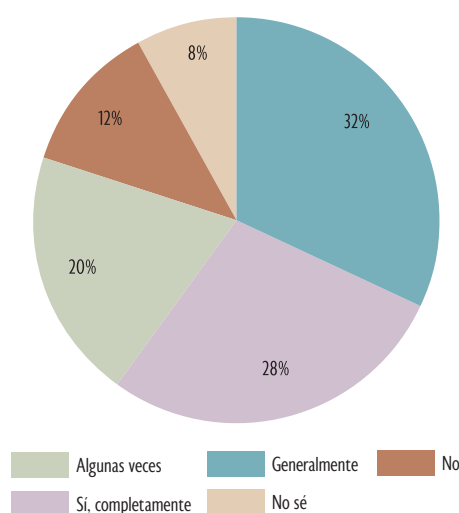


Figura 5.
Equidad en promoción y asignación de recursos

Ocupación de cargo de liderazgo académico

Una amplia mayoría de las investigadoras (71 %) ha ocupado algún cargo de liderazgo académico, como coordinación, dirección o responsabilidad técnica de proyectos (Figura 6). Este resultado evidencia que las investigadoras poseen las competencias necesarias y han sido reconocidas institucionalmente para desempeñar funciones de gestión y toma de decisiones.

No obstante, aunque esta participación refleja un avance en la representación femenina en espacios de liderazgo, es importante analizar si dichos cargos se traducen en mayor poder de decisión, reconocimiento académico o acceso equitativo a recursos. En muchos contextos, la presencia de mujeres en posiciones directivas no necesariamente implica la eliminación de los techos de cristal, ya que pueden persistir estructuras jerárquicas y culturales que limitan su influencia efectiva dentro de las organizaciones académicas.

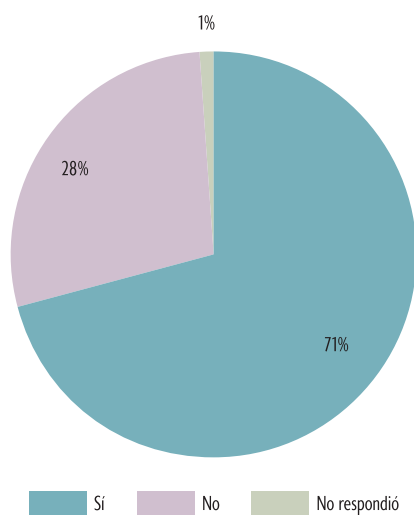


Figura 6.
Cargo de liderazgo académico (coordinación, dirección, responsable técnica de proyecto)

Cobertura de cargos de liderazgo

En relación con lo planteado en los resultados anteriores, en lo referente a los roles de liderazgo, se concentran principalmente en tareas de gestión intermedia, como la coordinación (43 %) y la responsabilidad técnica de proyectos (43 %). En contraste, el número de investigadoras que ha ocupado una dirección es significativamente menor (11 %). Esta distribución sugiere que, aunque las mujeres tienen una participación destacada en funciones de liderazgo operativo y técnico, su acceso a los puestos de mayor jerarquía, poder de decisión y

visibilidad institucional continúa siendo limitado (ver Figura 7).

Este patrón confirma la persistencia del techo de cristal dentro del ámbito académico, donde las mujeres logran avanzar hasta ciertos niveles de responsabilidad, pero enfrentan barreras estructurales y culturales que dificultan su llegada a las posiciones estratégicas de dirección y toma de decisiones. Tales barreras pueden estar asociadas a sesgos de género en los procesos de selección, a la menor disponibilidad de tiempo derivada de la sobrecarga de trabajo y a la falta de políticas institucionales que promuevan una participación equitativa en los niveles superiores de liderazgo científico.

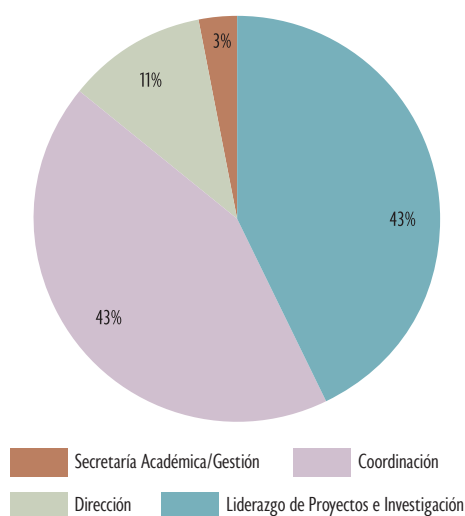


Figura 7.
Cargos de liderazgo que ha ocupado

Subvaloración de méritos académicos por razones de género

La mitad de las investigadoras encuestadas (51 %) considera que no ha sido subvalorada por razones de género. No obstante, el 29 % afirma haber experimentado esta situación y un 19% manifiesta incertidumbre al respecto (ver Figura 8). El hecho de que casi una tercera parte de la muestra perciba haber sido objeto de subvaloración de sus méritos académicos constituye una evidencia significativa de que el sexismo continúa influyendo en los procesos de reconocimiento y valoración del trabajo científico de las mujeres.

Este resultado resulta especialmente relevante si se contrasta con los altos niveles de productividad académica observados, lo que indica que la calidad y cantidad de la producción no garantizan un reconocimiento equitativo. La persistencia de estos sesgos de género representa una manifestación más del techo de cristal, al limitar

el avance profesional y simbólico de las investigadoras dentro de las estructuras académicas, lo que afecta su visibilidad, acceso a oportunidades y percepción de legitimidad en la comunidad científica.

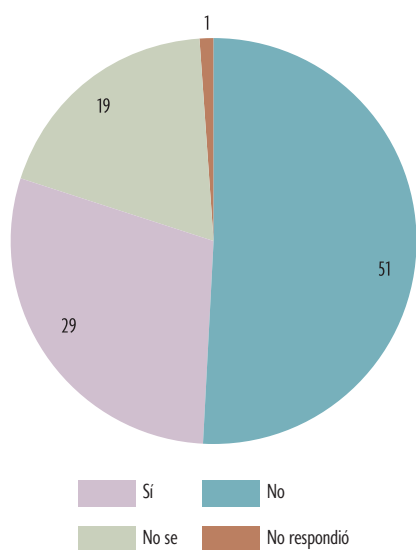


Figura 8.
Subvaloración de méritos académico

Visibilidad de su trabajo de investigación fuera de la institución

En la siguiente figura 9 es posible advertir que más de la mitad de las investigadoras (55 %) considera que su trabajo es “poco visible” fuera de su institución. Esta percepción de baja visibilidad externa puede constituir un factor que restringe el acceso a redes de colaboración de alto nivel, así como a mayores reconocimientos, financiamiento y oportunidades de desarrollo profesional.

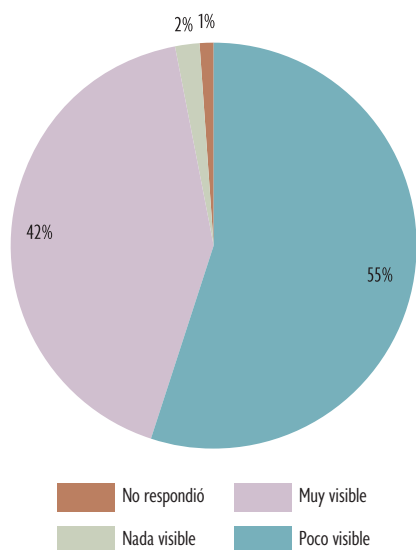


Figura 9.
Visibilidad de su trabajo de investigación fuera de la institución

La limitada proyección de sus contribuciones refuerza las barreras estructurales asociadas al techo de cristal, ya que, aun con alta productividad y desempeño académico, las investigadoras enfrentan dificultades para consolidar presencia e influencia en espacios de decisión y en la comunidad científica más amplia. Esta situación evidencia la necesidad de implementar estrategias institucionales que fomenten la visibilidad y el reconocimiento equitativo del trabajo de las mujeres investigadoras.

Factores que han limitado su acceso a mayores cargos o reconocimientos académicos

Las investigadoras evidenciaron como el factor más limitante la ausencia de las redes de mentoría o apoyo, seguida de la poca visibilidad en espacios de decisión, una preferencia institucional hacia hombres, después los estereotipos de género y, finalmente, la falta de apoyo en la conciliación familia-trabajo.

Acceso a espacios de decisión

Casi la mitad de las investigadoras califica el acceso a espacios de decisión como “neutral” (48 %). Esta valoración puede interpretarse como una aceptación de las dinámicas existentes o como un reconocimiento de que alcanzar estos puestos requiere un esfuerzo constante, sin que sea ni intrínsecamente fácil ni excesivamente difícil.

No obstante, al considerar las respuestas negativas (“difícil” y “no he tenido acceso”), se observa que un 24 % de las investigadoras enfrenta una barrera tangible para acceder a espacios de toma

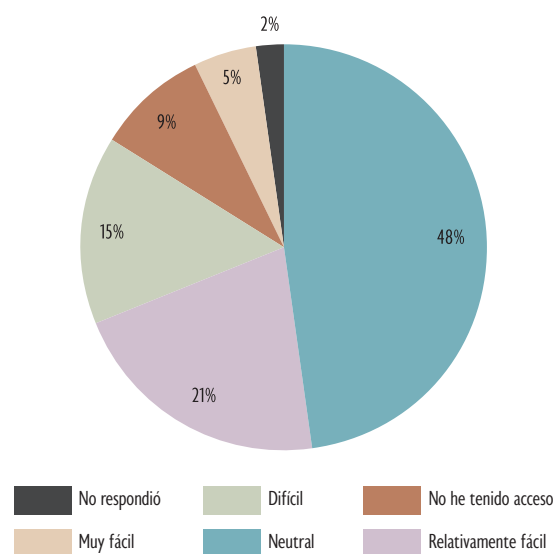


Figura 10.
Acceso a espacios de decisión

de decisiones. Este hallazgo es particularmente relevante al contrastarlo con el hecho de que el 71 % ha ocupado algún cargo de liderazgo (Figura 6), lo que indica que los roles de gestión intermedia (Figura 7) son más accesibles, mientras que los puestos clave de decisión estratégica y administrativa siguen siendo limitados para las mujeres. Esta situación constituye otra manifestación del techo de cristal, donde la participación femenina se concentra en niveles operativos y técnicos, pero el acceso a posiciones de máxima influencia continúa restringido por barreras estructurales y culturales.

Presencia del techo de cristal en su institución

Las investigadoras presentan percepciones variadas respecto al techo de cristal: un 35 % se ubica en la categoría «neutral», mientras que un 43 % percibe que esta barrera está “presente” o “muy presente”. La respuesta “neutral” podría reflejar cierta ambigüedad o dificultad para identificar de manera explícita esta limitación, mientras que la elevada proporción que reconoce su existencia confirma la percepción de restricciones al acceso a altos cargos, tal como se observa en la Figura 10.

En términos generales, al considerar todas las respuestas que indican algún grado de presencia de la barrera (“neutral”, “presente”, “muy presente” y “poco presente”), se alcanza un 95 % de las investigadoras que reconocen, en mayor o menor medida, la existencia del techo de cristal.

En lo referente al 35 % de las participantes que señalaron de manera “neutral” la presencia del techo de cristal en su institución, esto puede explicarse por dos razones principales. Primero, por la dificultad de visualizar conscientemente las microdiscriminaciones y barreras que se encuentran integradas en prácticas comunes y rutinarias, las cuales resultan difíciles de percibir de manera explícita. Segundo, por la falta de un compromiso directo con la reflexión sobre el tema, lo que no implica un juicio sobre la existencia o gravedad de la barrera, sino que forma parte del fenómeno estudiado en este proyecto.

En este sentido, la categoría “neutral” refleja más bien la complejidad de reconocer barreras estructurales y culturales que no siempre son evidentes a simple vista, pero que influyen de manera significativa en la trayectoria y oportunidades de las investigadoras dentro de sus instituciones (ver Figura 11).

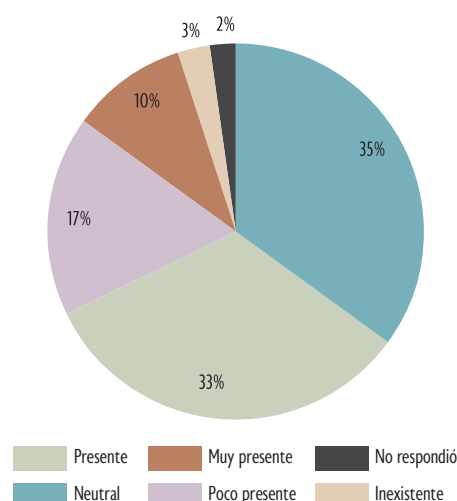


Figura 11.
Presencia del techo de cristal en su institución

Esfuerzo realizado a comparación de los hombres para obtener los mismos logros académicos

Una mayoría significativa del 60 % de las investigadoras considera que debe esforzarse más que sus colegas hombres para alcanzar los mismos logros académicos (ver Figura 12). Esta percepción refleja de manera directa el efecto de múltiples barreras, como la sobrecarga laboral y las responsabilidades de cuidado, que obligan a las mujeres a realizar un doble esfuerzo para compensar las desigualdades estructurales presentes en el ámbito académico.

Este fenómeno evidencia cómo las condiciones institucionales y sociales generan desventajas sistemáticas, al limitar la equidad de oportunidades y afectar tanto la productividad como la trayectoria profesional de las investigadoras.

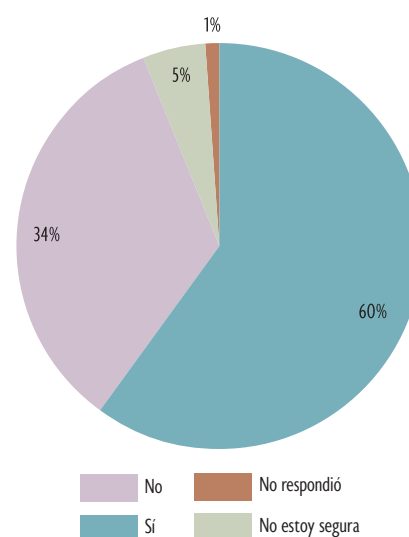


Figura 12.
Esfuerzo realizado en comparación con los hombres para obtener los mismos logros académicos

Participación en redes de apoyo entre investigadoras o espacios de empoderamiento académico

Una clara mayoría del 65 % de las investigadoras no participa en redes de apoyo o espacios de empoderamiento, lo cual representa un dato crítico dentro del análisis (Figura 13). La ausencia de estos espacios de vinculación y acompañamiento puede constituir un factor que contribuye a la baja visibilidad externa (Figura 9), a la sensación de subvaloración (Figura 8) y a la percepción de tener que esforzarse más que sus colegas hombres para alcanzar los mismos logros (Figura 12).

Las redes de apoyo académico y de mentoría son fundamentales para fortalecer las trayectorias de las mujeres en la ciencia, ya que facilitan el intercambio de experiencias, la colaboración y el acceso a oportunidades de desarrollo profesional. Diversos estudios han demostrado que la pertenencia a estas redes puede mitigar los efectos de las barreras institucionales y culturales, al generar un soporte estructurado que favorece la confianza, el liderazgo y la representación femenina en espacios de toma de decisiones (Morley, 2013; UNESCO, 2017).

Por tanto, promover la creación y consolidación de redes de mujeres investigadoras constituye una estrategia esencial para avanzar hacia una cultura científica más equitativa e inclusiva, capaz de reducir las desigualdades derivadas del techo de cristal y de las dinámicas de género presentes en las instituciones de educación superior.

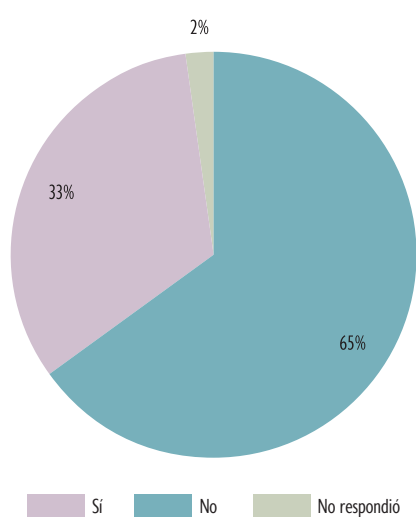


Figura 13.
Participación de las investigadoras en redes de apoyo

Redes de apoyo o espacios de empoderamiento en que han participado

Otra cuestión que se aprecia en la anterior Figura 13 corresponde a que la tasa de respuesta del 33 % es consistente con el número de investigadoras que sí participan. El hecho de que haya 32 menciones únicas de redes y espacios de apoyo indica que la participación se da en una gran diversidad de grupos, lo que sugiere que las redes existentes son, a menudo, pequeñas, informales o específicas de ciertas áreas o proyectos, en lugar de una gran red institucional consolidada.

El Informe ETAN (2000) señala que, debido a las diversas barreras que enfrentan las investigadoras a lo largo de su trayectoria profesional, cuando una mujer logra alcanzar la autonomía necesaria para formar su propio grupo de investigación, este suele ser de dimensiones reducidas, lo que afecta de manera desfavorable la obtención de recursos.

Cambios necesarios para la producción académica de mujeres investigadoras

Las investigadoras no solo identifican problemas (sobrecarga, falta de tiempo, discriminación), sino que también tienen propuestas concretas para abordarlos; consideran que estas problemáticas se resuelven mediante políticas de descarga horaria que reconozcan las dobles jornadas. La reforma principal solicitada es la asignación formal de tiempo para investigar y el apoyo económico directo. Entre las propuestas concretas se destacan las siguientes:

- Que la institución considere el género cuando asigna las clases, ya que no es lo mismo para la mujer tener que dividir el tiempo entre la familia, la investigación y la impartición de las clases.
- Flexibilizar horarios y modalidades de trabajo, e incluir criterios diferenciados en evaluaciones para quienes han tenido pausas por maternidad o cuidado.
- Elaborar programas de apoyo específicos: crear fondos y becas dirigidos a mujeres investigadoras, especialmente en etapas tempranas de su carrera o en áreas subrepresentadas. Así como garantizar procesos de selección equitativos y libres de sesgos de género en concursos, publicaciones y ascensos. Promover espacios donde las mujeres puedan compartir experiencias, recibir orientación y construir alianzas estratégicas. Asegurar que las contribuciones de las mujeres sean visibilizadas en congresos, publica-

ciones y rankings.

- Modificar los sistemas de evaluación académica para que los periodos de menor productividad asociados al cuidado familiar no se traduzcan en desventajas permanentes.

Estrategias personales para superar la producción académica

La mayoría de las investigadoras ha tenido que recurrir a estrategias autodirigidas y no remuneradas para mantenerse activas dentro del Sistema Nacional de Investigadoras y Investigadores. Estas estrategias incluyen la invasión de la vida personal, como trabajar horas extras desde casa, y la inversión de recursos propios, tales como el pago de publicaciones o el uso de tiempo personal para actividades de investigación.

Este comportamiento evidencia que el éxito académico femenino se sostiene, en gran medida, por medio de un doble esfuerzo, donde las investigadoras asumen cargas adicionales para compensar la falta de apoyo institucional y las desigualdades estructurales del entorno científico. Esta realidad refuerza la necesidad de políticas universitarias que reconozcan y valoren el trabajo invisible que realizan las mujeres, al promover condiciones más equitativas y sostenibles para su desarrollo profesional.

Otras estrategias personales destacan:

- Uso de tiempo y recursos económicos personales, además de solicitar permisos en recursos humanos de la institución para realizar actividades relacionadas con el desarrollo de proyectos de investigación.
- Reconocer que la sobrecarga académica afecta la salud física y mental, estableciendo límites de horarios y aprendiendo a decir “no” a tareas no prioritarias.
- Para superar los retos en la producción académica, han desarrollado estrategias que combinan organización, resiliencia y colaboración. “En primer lugar, implemento una planificación semanal con metas claras y bloques de tiempo protegidos para la escritura, lo que me permite avanzar de manera constante. Además, he construido una red de apoyo académico que me brinda retroalimentación y oportunidades de colaboración, fortaleciendo tanto mi trabajo como mi motivación. Reconozco la importancia del autocuidado, por lo que establezco límites saludables y priorizo mi bienestar emocional

para mantener la creatividad y la productividad. En cuanto a la publicación, selecciono revistas y congresos que valoran enfoques interdisciplinarios y perspectivas de género, y mantengo versiones vivas de mis textos para aprovechar cualquier momento disponible. Finalmente, participo activamente en seminarios y redes académicas, lo que ha contribuido a visibilizar mi trabajo y generar nuevas oportunidades, mientras que el acompañamiento a otras investigadoras me ha permitido compartir aprendizajes y construir comunidad” (comunicación personal, septiembre 2025).

- “No he tenido opción: he disminuido mi producción académica para hacerme cargo de mis 2 hijos. Doy prioridad a artículos científicos indexados sobre otro tipo de productos científicos, pago de mis ingresos propios apoyo de auxiliares que me ayuden con las clases y otras gestiones que se piden que no sean de investigación, para poder dedicar la mayor parte del tiempo a investigación” (comunicación personal, septiembre 2025).

Acciones necesarias para eliminar el techo de cristal en la producción académica

Las investigadoras reconocen que el techo de cristal no puede romperse únicamente mediante el esfuerzo individual, sino a través de acciones estructurales y colectivas dentro de las instituciones académicas. Se requiere transformar las dinámicas de poder mediante la garantía de paridad en los comités evaluadores y directivos, así como la asignación equitativa de recursos y oportunidades.

Asimismo, es indispensable que la voluntad política de las instituciones se traduzca en políticas tangibles de igualdad, más allá de los discursos formales. Estas medidas deben abordar las preferencias institucionales hacia los hombres y promover la visibilidad activa de las mujeres en los espacios de toma de decisiones. Solo mediante estos cambios sistémicos será posible avanzar hacia un entorno académico verdaderamente inclusivo, equitativo y libre de barreras invisibles.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que, a pesar de la alta productividad académica, la habilitación y la participación de las investigadoras en roles de liderazgo operativo en Tamaulipas, persisten barreras estructurales y culturales que limitan su visibilidad y acceso a posi-

ciones de máxima decisión. Factores como la sobrecarga laboral, las responsabilidades de cuidado y la percepción de subvaloración de sus méritos refuerzan la existencia del “techo de cristal” en el ámbito académico.

La visibilización de las investigadoras se identifica como un aspecto crítico para fortalecer su participación y reconocimiento en la comunidad científica. En este sentido, la Asociación de Mujeres Investigadoras y Tecnólogas (AMIT) recomienda que las instituciones de educación superior promuevan de manera activa la presencia equitativa de mujeres expertas en medios de comunicación y actividades de difusión científica. Esta labor requiere la coordinación de unidades de igualdad, cultura científica y comunicación, con el fin de asegurar que la participación de las investigadoras sea reconocida y valorada en igualdad de condiciones, contribuyendo así a la reducción de las desigualdades de género en el ámbito académico y científico (AMIT, 2020).

Además, estudios recientes han señalado que las mujeres en la academia enfrentan múltiples barreras invisibles que afectan su desarrollo profesional. Por ejemplo, un análisis de género de

las barreras en la promoción académica indica que las instituciones educativas, a menudo, reproducen roles y estereotipos de género que dificultan el avance de las mujeres en sus carreras (Gallego-Morón y Matus-López, 2021). Asimismo, investigaciones sobre el “techo de cristal” en México han documentado cómo los obstáculos estructurales impiden que las mujeres alcancen puestos de alta dirección en las universidades públicas del país (Camarena y Saavedra, 2018).

En conjunto, estas estrategias no solo aumentan la visibilidad de las investigadoras, sino que también representan un paso importante para garantizar la equidad de oportunidades y fortalecer la representación femenina en la ciencia y la tecnología. Es fundamental que las instituciones educativas implementen políticas y acciones concretas para eliminar las barreras de género y promover un entorno académico inclusivo y equitativo para todas las personas.

Declaración de uso de IA

Se ha usado ChatGPT versión 5 para soporte de búsqueda de referencias. La información de este documento es total responsabilidad de los autores.

Referencias

- Asociación de Mujeres Investigadoras y Tecnólogas (AMIT) (2020, diciembre 17). *Guía para aumentar la presencia de investigadoras en la comunicación de la ciencia* (Guide to increasing the presence of women researchers in science communication.). <https://amit-es.org/noticias/guia-para-aumentar-la-presencia-de-investigadoras-en-la-comunicacion-de-la-ciencia/>
- Camarena Adame, M.E., & Saavedra García, M.L. (2018). El techo de cristal en México (The glass ceiling in Mexico). *La Ventana. Revista de Estudios de Género* 5(47). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-94362018000100312
- Cortina, R. y Quezada, R. (2022). La igualdad de género en la investigación de alto rango en la Universidad Nacional Autónoma de México: una lente feminista (Gender equality in high-level research at the National Autonomous University of Mexico: a feminist lens). *Revista de Educación Superior del Sur Global – RESUR*(13). <https://doi.org/10.25087/resur13a1>
- ETAN Expert Working Group on Women and Science (2000). *Science policies in the European Union: Promoting excellence through mainstreaming gender equality*. [Report prepared for the European Commission]. https://wwwthe.w.senc.es/wp-content/uploads/2017/12/Informe_ETAN_2000.pdf
- Gallego-Morón, N. y Matus-López, M. (2021). Análisis de género de las barreras en la promoción académica. Estudio de caso de una universidad argentina (Gender analysis of barriers to academic promotion: A case study of an Argentine university). *Perfiles Latinoamericanos* 29(57). <https://doi.org/10.18504/pl2957-011-2021>
- González Sala, F. y Osca-Lluch, J. (2018). Desigualdad de género en órganos directivos y producción científica de las revistas iberoamericanas de psicología de mayor visibilidad internacional (Gender inequality in the governing bodies and scientific output of the most internationally visible Ibero-American psychology journals). *Revista Española de Documentación Científica*, 41(3), e211. <https://doi.org/10.3989/redc.2018.3.1506>
- Gómez-Gamero, M. E. (2020). El techo de cristal, representaciones para visibilizar la violencia contra las mujeres universitarias (The Glass Ceiling: Performances to Make Violence Against University Women Visible). *DIVULGARE Boletín Científico de la Escuela Superior de Actopan* 7(14), 21-28. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/divulgare/article/view/5762>
- Heinich, N (2018a octubre 11). L'invisibilisation des apports théoriques, des créations conceptuelles : le vrai sexisme universitaire ("Rendering theoretical contributions and conceptual creations invisible": the true face of sexism in academia.). *Le Monde*. https://www.lemonde.fr/idees/article/2018/10/11/l-invisibilisation-des-apports-theoriques-des-creations-conceptuelles-le-vrai-sexisme-universitaire_5368097_3232.html

- Heinich, N (2018b noviembre 9), 'L'invisibilisation de la pensée des femmes, l'autre «plafond de verre»' ('Rendering women's thought invisible: the other "glass ceiling"'). *Le Monde*. https://www.lemonde.fr/idees/article/2018/11/09/la-pensee-des-femmes-est-elle-vraiment-invisible_5381076_3232.html
- Morley, L. (2013). *Women and Higher Education Leadership: Absences and Aspirations*. Leadership Foundation for Higher Education. London. <https://www.ses.unam.mx/cursos2015/pdf/23oct-Morley.pdf>
- UNESCO (2017). *Cracking the Code: Girls' and Women's Education in Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM)*; report of the UNESCO International Symposium and Policy Forum. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000260079>
- Van Reeth, A. (Anfitrión) (2018 noviembre 13). *Quelle place pour les femmes à l'université?* (2/4) [Episodio de Podcast] What Place for Women at the University? (2/4) [Podcast episode]. Tous féminins? <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/les-chemins-de-la-philosophie/que-elle-place-pour-les-femmes-a-l-universite-9466546>

