

# Milenaria, Ciencia y arte



Órgano de divulgación de la Facultad de Salud Pública y Enfermería



REVISTA "Milenario Ciencia y Arte", COMITÉ EDITORIAL

DIRECTORA

**DRA. MARTHA PATRICIA MORFÍN GALLEGOS**

Facultad de Salud Pública y Enfermería  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

DIRECTORA FUNDADORA

**MA. TERESA MALDONADO GUIZA**

Facultad de Salud Pública y Enfermería  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

EDITOR

**LUIS FERNANDO ORTEGA VARELA**

Facultad de Salud Pública y Enfermería  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

COMITÉ EDITORIAL

**GABRIELA BARRAGÁN CAMPOS**

Instituto de Investigaciones Filosóficas "Luis Villoro"  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

**LETICIA CARRERA LÓPEZ**

Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales de Información  
Universidad Autónoma de México, México

**JORGE ENRIQUE GÓMEZ ARROYAVE**

Centro Tecnológico del Mobiliario  
Servicio Nacional de Aprendizaje, Colombia

**ERICKA GONZÁLEZ CANCINO**

Facultad de Salud Pública y Enfermería  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

**CARMEN JUDITH GUTIÉRREZ GARCÍA**

Departamento de Ingeniería Bioquímica  
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia México

**ERASTO HERNÁNDEZ CALDERÓN**

Licenciatura en Nutrición  
Universidad Latina de América, México

**KELLY MYRIAM JIMÉNEZ DE ALIAGA**

Facultad de Ciencias de la Salud. Escuela Profesional de Enfermería  
Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca, Perú

**FLOR MARLENE LUNA VICTORIA MORI**

Facultad de Enfermería  
Universidad Nacional de Trujillo, Perú

**TERESA MALDONADO GUIZA**

Facultad de Salud Pública y Enfermería  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

**MARIANA PANIAGUA ZAVALA**

Sociedad Mexicana de Salud Pública, México

**HÉCTOR AARÓN RÍOS MENDOZA**

Departamento de Idiomas  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

**ÁLVARO RODRÍGUEZ BARRÓN**

Hospital General "Dr. Miguel Silva" de Morelia  
Secretaría de Salud Michoacán, México

**LUIS MIGUEL VÁZQUEZ RANGEL**

Facultad de Salud Pública y Enfermería  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

MILENARIA, CIENCIA Y ARTE, año 13, no 23 enero-junio de 2024, es una revista semestral editada por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, a través de la Facultad de Salud Pública y Enfermería, Gertrudis Bocanegra 330, Col. Cuauhtémoc, C.P. 58020, Morelia, Michoacán, México, Tels. 44 33 12 24 90 y 33 44 12 76 98. <http://milenario.umich.mx>. Editor responsable: Luis Fernando Ortega Varela. Reserva de Derechos al uso Exclusivo del título: 04-2022-072019243400-102, ISSN: 2954-4289 (online), ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número. Desarrollo y Mantenimiento del sitio web, M.A.T.I Luis Miguel Vázquez Rangel, Gertrudis Bocanegra 330, Col. Cuauhtémoc, C.P. 50020, Morelia, Michoacán, México. Tels. 44 33 12 24 90 y 44 33 13 76 98. Fecha de última modificación, 27 de junio de 2024.

Milenaria, Ciencia y arte es una revista aprobada por el Consejo Editorial de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. <https://consejoeditorial.umich.mx/publicaciones-periodicas>. Está incluida en Latindex, ROAD, LatinRev, DRJI y Google Académico. DOI: <https://doi.org/10.35830/mcya.vi22>

El contenido de los trabajos es responsabilidad de sus respectivos autores, por lo que no reflejan necesariamente el punto de vista de nuestra Casa de Estudios. Esta revista puede ser reproducida total o parcialmente con fines no lucrativos, siempre y cuando se cite la fuente completa.

**POLÍTICA DE ACCESO ABIERTO.** Milenaria, Ciencia y Arte es una revista de acceso abierto enteramente gratuita que favorece la reutilización e intercambio global de conocimiento. En este sentido, Milenaria, Ciencia y Arte cuenta con una Licencia de Creative Commons 4.0 de Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 y se encuentra incluida en el directorio de Acceso Abierto DOAJ. La revista solo conserva los derechos de publicaciones de las obras, tanto de la versión impresa como las digitales. **DISEÑO EDITORIAL Y FORMATO,** José Antonio Huerta Espino

DIRECTORIO DE LA  
UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

**YARABÍ ÁVILA GONZÁLEZ**  
Rectora

**JAVIER CERVANTES RODRÍGUEZ**  
Secretario General

**ANTONIO RAMOS PAZ**  
Secretario Académico

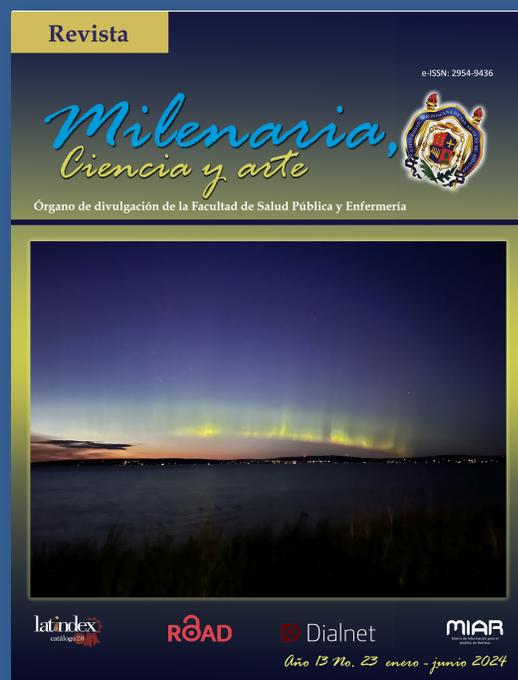
**MIGUEL ÁNGEL VILLA ÁLVAREZ**  
Secretario de Difusión Cultural y Extensión Universitaria

**JESÚS CAMPOS GARCÍA**  
Coordinador de la Investigación Científica

**EDGAR MARTÍNEZ ALTAMIRANO**  
Secretario Administrativo

**MONIKA GUTIÉRREZ LEGORRETA**  
Secretaria Auxiliar

**RAÚL CARRERA CASTILLO**  
Abogado General



## Nuestra Portada

Aurora Boreal en el lago Michigan, captada por la moreliana Liliana Chávez Salgado en Petoskey, Michigan (EEUU). La tormenta solar más importante de los últimos 20 años provocó auroras boreales visibles en varias partes de Norte América durante la noche del 10 y 11 de mayo del 2024. Este bello fenómeno luminoso se genera con la interacción del viento solar y el campo magnético de la Tierra, que ioniza los componentes del aire. El color de la luz que se observa depende del tipo de partículas que son excitadas y de la altitud a la que estas se encuentran (verde y rojo para oxígeno, rosa para nitrógeno y azulmorado para hidrógeno y helio).  
Más información en:  
[https://areas.geofisica.unam.mx/ciencias\\_espaciales/noticias/noticiasA/NOTA5.html](https://areas.geofisica.unam.mx/ciencias_espaciales/noticias/noticiasA/NOTA5.html)

## Índice

A manera de editorial	3
Comunicar la ciencia: ¿difundir o divulgar?	4
Los mutantes sí existen	7
Bacterias aisladas de insectos como fuente de nuevos antibióticos	12
La glicación de moléculas y su relación con la diabetes	14
Entre hormonas y fertilidad: hablemos del rol de la insulina	18
La exposición a pantallas digitales y su impacto en niños y adolescentes con el Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad	21
El Mieloma Múltiple y su diagnóstico oportuno usando criterios "CRAB"	23
Aceite de aguacate: El verdadero oro verde contra las enfermedades crónicas	26
Gingivitis y periodontitis. ¡No te quedes sin dientes!	28
Violencia obstétrica, un problema de salud pública poco visibilizado	33
Liberación controlada de moléculas bioactivas a través de estructuras inorgánicas: aplicaciones farmacológicas	35
La importancia del metabolismo CAM en la familia Agavaceae	39
Medidores de CO <sub>2</sub> ¿Útiles para reducir el contagio de la Covid-19?	43
Energía Eólica y Predicción del Viento	46
Presencia de dos planarias terrestres <i>Bipalium kewense</i> (Bipaliinae) y <i>Dolichoplana striata</i> (Rhynchodeminae) en Zapopan, Jalisco	50
Perspectivas ambientales sobre el cultivo de aguacate en Michoacán: protección de la fauna y desarrollo sostenible	52
Enfermedad X, Capitalismo y Sociedades de Control	56
Leviatán y Contrato Social en salud pública: acerca de la pandemia de COVID-19 (2020-2023)	60
Los migrantes centroamericanos no viven, sobreviven	64
El reto de la biotecnología: un análisis bioético de la importancia de la biotecnología	67
Desafíos del Trabajo de Laboratorio Escolar Durante la Pandemia por COVID-19	70
Balance del uso de las redes sociales en la salud de los estudiantes universitarios en México	73
Antiguo lago de Texcoco: Más allá de un aeropuerto cancelado	77
Desarrollo Territorial Sostenible Administración Sectorial como una limitante	80
Importancia de la logística en empresas michoacanas	83
Regalos navideños ¿Magia o una adecuada logística?	87
Festividades tradicionales y turismo sostenible: El caso del Corpus Christi en Matão, São Paulo	89
Aspirinas para el alma	96
La mujer de la camilla	97
Dibujando los días	100
Ojos de amazona	Contraportada

## A manera de Editorial

Con la intensidad de una aurora boreal, *Milenaria* 23 aparece vistosa y ampliada gracias a la gran cantidad de propuestas que hemos recibido recientemente; debido a la confianza de múltiples autores, presentamos en esta ocasión 30 textos brillantes de distintos colores.

Vamos desde reflexiones sobre cómo se está comunicando la ciencia, hasta la descripción de mutantes, planarias o insectos que se asocian con bacterias para crear nuevos antibióticos. Revisa novedosos diagnósticos para algunos tipos de cáncer como el método CRAB, o de diabetes por moléculas de glicación avanzada. Relaciona la insulina con la fertilidad y el uso excesivo de pantallas con el TDAH; hasta invita a no quedarnos sin dientes por la gingivitis.

Esta vigésimo tercera entrega, analiza el papel heroico del aguacate contra las enfermedades crónicas y su rol de villano en la deforestación, el del metabolismo CAM que ayuda a los agaves a resistir condiciones extremas, el de los microorganismos de Texcoco que nos podrían hacer ver más allá de un aeropuerto cancelado, el del desarrollo de energía eólica, la logística en la mejora de distintos procesos, la gestión turística y preservación cultural, entre otras recomendaciones para buscar un desarrollo territorial sostenible.

Reflejos de la pandemia persisten en este número 23; retos para el sistema de salud, desafíos educativos en los laboratorios escolares, incremento exponencial de los entornos virtuales, el desarrollo de tecnologías como los medidores de CO<sub>2</sub> para limitar contagios, hasta disyuntivas entre los derechos individuales y la seguridad colectiva.

La calidez del arte llega a *Milenaria* 23 como una tormenta solar; nos ofrece una aspirina contra sensaciones que no se pueden describir, nos presenta a la mujer de la camilla que se imagina en un tióvivo, que puede mirarnos con ojos de amazona, pero también nos ofrece la revancha de calificar con un click al Doctor López de Dibujando los días.

En el 2014, esta publicación comenzó un sinuoso proceso de formalización, siempre acompañado por la Coordinación de la Investigación Científica de la UMSNH, fundamentado en capacitaciones de diversa índole para sortear multitud de trámites y garantizar la calidad de lo que publicamos; varios expertos de diversas instituciones nos animaron en este trabajo editorial, señalando como la máxima aspiración de una revista con enfoque de Divulgación, el ingreso a una cosa denominada *Catálogo 2.0 de Latindex*, tras un gran trabajo de todo nuestro equipo editorial, "*Milenaria, Ciencia y Arte*" es la primera Revista de Divulgación de la Universidad Michoacana en ser parte de un selecto grupo de 3576 revistas integradas a este catálogo iberoamericano... esperamos que este número sea de su agrado.

# Comunicar la ciencia: ¿difundir o divulgar?

## Science communication, for academia or general public?

Gabriel Herrera-López

Biological and Environmental Science and Engineering, King Abdullah University of Science and Technology, Thuwal, Saudi Arabia.  
Contacto: gabriel.helo24@gmail.com

**Resumen.** La comunicación de la ciencia tiene varios matices, dos de los más grandes son los que se definen alrededor de los conceptos difundir y divulgar. Es común que creemos que hacemos divulgación cuando en verdad estamos haciendo difusión. Las diferencias radican en el público al que se dirige el mensaje y la forma en que se diseña el discurso. Mientras que la difusión es un proceso de comunicación de la ciencia entre pares, la divulgación se dirige hacia un público inexperto evitando el uso de términos especializados y aprovechando recursos literarios como la narrativa. Es necesario conocer las características propias de la divulgación para generar un producto que cuente con impacto social.

**Palabras clave:** comunicación pública de la ciencia, popularización científica, discurso divulgativo

**Abstract.** Science communication has several nuances, two of the largest are those defined around public science communication. It is common for us to believe that we are doing public communication when in fact we perpetuate the same exercise we do with our academic colleagues. The differences lie in the audience to whom the message is directed and the way the speech is designed. While science communication in academia is a process of communicating science between peers, public science communication is directed towards an inexperienced public by avoiding the use of specialized terms and taking advantage of literary resources such as narrative. It is necessary to know the characteristics of science outreach to generate a product that has a social impact.

**Keywords:** public communication of science, scientific popularization, discourse of science divulgation.

### Comunicar la ciencia: ¿difundir o divulgar?

El mismo juego con reglas nuevas

En el año 1984, por acuerdo presidencial, se optó por crear el Sistema Nacional de Investigadores con el fin de reconocer la labor de científicos mexicanos y al mismo tiempo promover la calidad de la ciencia que se desarrolla en el territorio nacional. Se trata de un reconocimiento y nombramiento como Investigador Nacional, pero para conseguirlo, es necesario cumplir con varios requisitos, como tener un grado de doctor en ciencias, realizar producción científica de calidad, formar recursos humanos y más recientemente participar en la promoción universal del conocimiento, también conocida como actividades de divulgación de la ciencia.

Con el cambio del reglamento del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) en México en el año 2021, se le ha dado importancia a las actividades de comunicación pública de la ciencia como uno de los requisitos para mantenerse y subir de nivel en el SNII, pero con esto, pareciera que solo se ha logrado aumentar el número de eventos que dicen llamarse de divulgación cuando en realidad son de difusión de la ciencia y poder cubrir así el requisito que pide el nuevo reglamento.

Este tipo de eventos provienen muchas veces del desconocimiento de científicos que no estamos al tanto de las diferencias que existen al comunicar ciencia, por ende, me gustaría clarificar dos términos en particular que podrán ser de utilidad para que la comunicación pública de la ciencia se haga de manera adecuada y con un impacto social, no solo para cubrir un requisito más.

Aquí entran en juego dos conceptos: difusión y divulgación. Ambos obedecen a una forma de comunicar, en este caso la ciencia, pero las diferencias radican en el público al que se comunica el mensaje y el tono del mensaje. Si bien los términos difundir y divulgar se han empleado como sinónimos en varios textos y contextos históricos, es necesario hacer una distinción entre ambos (Bolet, 2015)

Por una parte, la difusión “haría referencia a la transmisión de información científica por parte de expertos, a audiencias generalmente educadas o instruidas, si bien no necesariamente expertas en el tema, utilizando para ello un lenguaje menos especializado y, por tanto, más accesible a este tipo de audiencia” (Casaux, 2009 citado en Bolet, 2015). Dicho de otra forma, la difusión de la ciencia se puede entender como comunicación del conocimiento con tus pares científicos, lo cual es una práctica constante dentro del ámbito académico e informal en las pláticas de pasillo dentro de las universidades y centros de investigación. Se trata de la forma de comunicar que se hace en congresos especializados, presentaciones de tesis, seminarios institucionales, escritura de artículos científicos, etc.

Al respecto, me gustaría contar una anécdota, recuerdo que cuando iba a presentar mi tesis de licenciatura, me decían que debía explicar mis resultados y discusión de tal manera que hasta mi abuelita lo entendiera, el presidente de mi comité me dijo que no, que las tesis son para científicos y que si quería que mi abuelita lo entendiera debería hacer divulgación. Esa fue la primer enseñanza que tuve y que parece estar bastante extendida en el ámbito científico académico.

A menos que mi abuelita fuera una especialista en el área en la que desarrollé mi tesis, no tiene porqué entenderla ya que una tesis se debe presentar empleando el vocabulario y términos adecuados para que el comité compruebe el dominio del tema del ponente. Si quisiéramos hacer que mi abuelita entendiera mi tesis, será necesario usar otro lenguaje: el lenguaje divulgativo.

Para Roqueplo (1983) la divulgación está asociada con los medios de comunicación, y la define como:

“Toda actividad de explicación y de difusión de conocimientos, la cultura y el

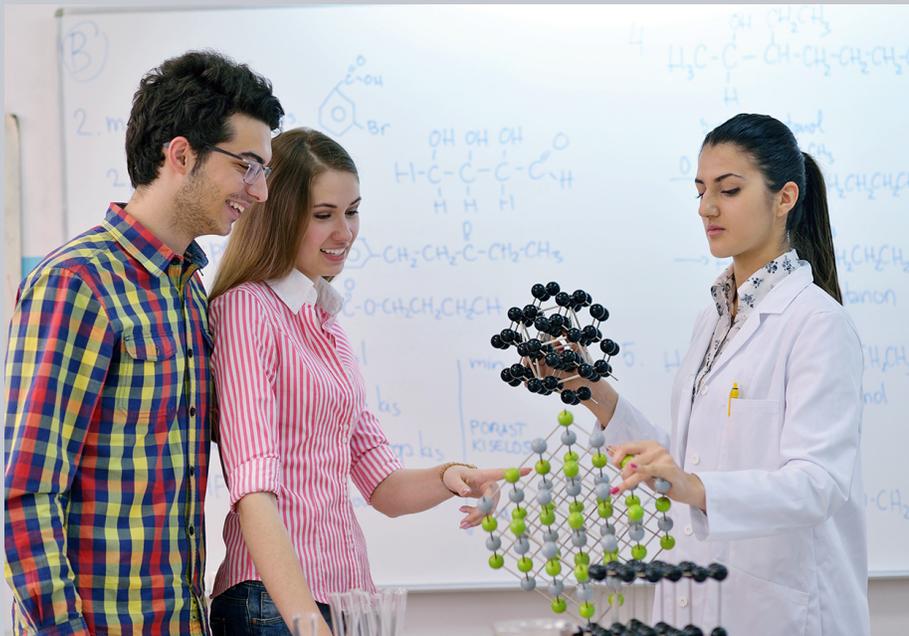


Figura 1. Comunicación de la ciencia. Hablar de conceptos, técnicas, aplicaciones científicas ante un público con diversas características. Arapovic, B. (n.d.). Happy teens group in school. Vecteezy. <https://www.vecteezy.com/photo/11927575-happy-teens-group-in-school>

pensamiento científico y técnico, bajo dos condiciones: la primera es que estas explicaciones y esa difusión del pensamiento científico y técnico sean hechas fuera de la enseñanza oficial o de enseñanzas equivalentes (...). La segunda reserva es que esas explicaciones extraescolares no tengan por fin formar especialistas, ni tampoco perfeccionarlos en su propia especialidad” (Roqueplo 1983, citado en Bolet 2015).

La divulgación está dirigida al público inexperto o también llamado lego, es decir todas aquellas personas que no cuentan con el trasfondo de información requerida para comprender conceptos especializados dentro de un área específica de la ciencia, por lo que el tono y la profundidad que se requiere para transmitir el mensaje es otra. Este público además es voluntario, contrario a lo que pasa con la educación en entornos formales donde el público es cautivo, el receptor del mensaje divulgativo lo recibe porque así lo desea y puede cortar la comunicación en cualquier momento, por ello también es necesario recrear el conocimiento con fidelidad y contextualizarlo para hacerlo del interés del público.

Aquí me gustaría hacer una aclaración y es que, aun siendo científicos, no somos expertos en todas las áreas del conocimiento, por ende, calificaríamos como público lego en áreas de la ciencia

en la que carecemos de experiencia. Esto lo menciono para sensibilizarnos, porque un punto importante de la divulgación es que debe evitar hacerse desde una posición de poder, del poder que consciente o inconscientemente nos otorga el conocimiento y posicionarnos del otro lado, aquél en el que también nosotros somos inexpertos.

### ¿Qué no es divulgar?

Estos puntos los puedes encontrar en la obra escrita de Ana María Sánchez Mora (2010) sobre cómo escribir divulgación de la ciencia, puntos sobre los cuales me he permitido hacer mi propia interpretación.

No es vulgarización. Es común emplear la etimología de la palabra divulgación para definirla como comunicación al vulgo o vulgarización de la ciencia. Si bien el vocablo divulgar se puede usar como sinónimo, debemos tener en cuenta que “vulgarización” tiene connotaciones negativas y puede entenderse como trivializar o hacer vulgar.

Hay defensores de este término que dicen que vulgarizar se refiere a hacer algo del vulgo, el pueblo, pero esto implica que hay una relación de superioridad por parte del divulgador lo cual debe alejarse de la realidad al comunicar la ciencia al público, ya que

debe hacerse desde la humildad, a no ser que se quiera generar aversión en los escuchas.

No es una traducción. He escuchado que a veces se refieren a la divulgación de la ciencia como una traducción a términos sencillos, pero más que una traducción literal se trata de una adaptación del mensaje en función del público al que se dirige.

No es enseñanza formal. Es cierto que la divulgación se considera enseñanza fuera del aula y esta ha servido como apoyo para el aprendizaje formal; sin embargo, existen ciertas diferencias notorias entre ambos tipos de enseñanza. Por una parte, la calidad del público, que en el caso de la enseñanza formal es un público cautivo, y por otra parte, los objetivos de enseñanza-aprendizaje en entornos formales son diferentes a los que se plantea un divulgador al comunicar la ciencia los cuales pueden ser crear conciencia, promover el disfrute o interés, así como favorecer la formación de opinión personal crítica y comprensión de la ciencia (Burns et al. 2003).

Para Jurdant (1969), la divulgación no puede transformar los saberes y la competencia que proviene de la enseñanza tradicional, pero sí la complementa, además de que promueve la participación del ciudadano en políticas públicas y toma de decisiones cuando se hace alrededor del concepto de educación cívica de la ciencia, pero de eso podemos platicar en otro momento.

No es solo diversión. Existe un meme que fue extraído de una escena de la película de Rocketman (2019), donde el actor que personifica a Elton John está en un auto usando un vestuario rosa brillante lleno de plumas, sentado junto a un hombre de atuendo sencillo en color negro (figura 1).

He visto cómo se presenta a la divulgación como la versión divertida “rosa brillante” de la ciencia igual que Elton John, contra la seriedad de la ciencia académica representada por el atuendo sencillo en negro. Si bien la diversión y las risas son un recurso muy empleado en la divulgación, es solo uno de tantos que existen, pensemos en la narrativa, no todas las novelas son divertidas, también hay novelas de terror, eróticas, fantásticas, discursivas y un largo etcétera... lo mismo para la divulgación.

## ¿Qué sí es divulgar?

Es más fácil decir lo que no es divulgación que lo que sí, ya que al tratarse de una actividad multidisciplinaria que conlleva un acto creativo, podemos pensar que hay tantas formas de hacer divulgación como divulgadores existen y que ningún producto de divulgación es igual a otros, piensa en actividades de museos, revistas, documentales, exhibiciones, sitios web, libros, radio, etc., son productos variados y todos pueden ser divulgación, así que voy a tratar de hacer algunas aproximaciones, pero si quieres ahondar al respecto, te recomiendo el libro "Introducción a la comunicación escrita de la ciencia" de Sánchez Mora (2010) que incluye además una guía sobre cómo desarrollar un artículo de divulgación.

Arriba mencioné que la divulgación se refiere a comunicar el conocimiento a una audiencia con distintos fines, objetivos que van desde enamorar al público con algún tema científico hasta despertar la curiosidad y el interés por temas y conceptos de ciencia. Durante la pandemia de la COVID-19 durante el año 2020, pudimos ser testigos de otro fin de la divulgación, la de informar y nótese que no menciono educar porque el modelo de educación donde un profesor (figura de autoridad) educa a los estudiantes no es el mismo que en la divulgación, se comunica para compartir el conocimiento y para eso hay que hacerlo accesible.

Ahora bien, cuando divulgas ¿qué divulgas? La divulgación nos da libertades ya que carece de temporalidad, se pueden divulgar hallazgos científicos que se hayan hecho hoy o hace mil años, pero cuidado, que aquí viene otra característica de la divulgación, y es que pide legitimar el conocimiento. Al divulgar es necesario comunicar con rigor científico, recordemos que la ciencia se automejora, y lo que era real hace mil años, puede no serlo hoy ya que se han hecho nuevos hallazgos a lo largo del tiempo. Por ejemplo, puedo hablar de la frenología como un modelo que trataba de explicar la personalidad con base en la forma del cráneo, pero también será necesario decir que ahora se considera una pseudociencia ya que se enfrentó a estudios que desmintieron su efectividad (ver Bittel 2019; Knight 2007).

Algo que a mi parecer es muy bonito en cuanto a las características de la

*6 Milenaria, Ciencia y Arte*

divulgación es que puede venir de una sola fuente o varias voces, con esto me refiero a que se presta a colaboraciones, apoyos de otras personas (recordemos que es una actividad multidisciplinaria) o realizarse en solitario, algo muy similar a nuestra forma de hacer ciencia.

### El discurso divulgativo

Ya hablamos un poco del público a quien se dirige la divulgación, la otra parte es cómo dirigirse a ellos. He tenido la oportunidad de revisar algunos trabajos escritos por científicos buscando hacer divulgación, y es aquí donde más fallan, pues pareciera que la idea de hacer divulgación se centra en elaborar una revisión suave de la literatura científica, algo bastante alejado de la divulgación.

El cómo comunicamos la ciencia a un público inexperto es complicado, ya que el discurso empleado en divulgación puede considerarse como una lucha constante entre la amenidad del discurso cotidiano y el rigor del discurso científico (Berruecos Villalobos, 2009). Es una combinación del vocabulario y las estructuras gramaticales que emplearíamos día a día para realizar nuestras actividades diarias y la complejidad de los conceptos científicos que, siendo sinceros, muchas veces solo las personas especializadas en un área específica conocen.

¿Cómo podemos hacer que ambos tipos de discurso aparentemente

opuestos convivan en el discurso divulgativo? Para Mortureux (1985), la divulgación es un discurso referido o paráfrasis que emplea la sustitución y la duplicación de los conceptos científicos. Se pueden emplear expresiones equivalentes o pseudoequivalentes y metáforas para referir términos científicos más complejos. Por ejemplo, en vez de referirse a un neurotransmisor como una sustancia química producida y liberada por una neurona que genera una respuesta en otra, podemos decir que es el lenguaje que usan dos neuronas para comunicarse.

Un ejercicio sencillo si vas a comenzar en la divulgación para saber si el discurso que quieres utilizar es adecuado consiste en visualizarte a ti mismo en una etapa pasada antes de conocieras y emplearas los términos científicos rigurosos, después pregúntate: si lo leyera en ese momento, ¿lo entendería, me llamaría la atención? Si vas a divulgar para niños, piensa en ti cuando eras niño, ¿qué te gustaba?, ¿cómo hablabas?, lo mismo si vas a divulgar para adolescentes. Si bien el lenguaje cotidiano evoluciona de generación en generación con el pasar de los años, este ejercicio nos ayuda a darnos cuenta de que en nosotros mismos la forma en que nos comunicamos en las diferentes etapas de la vida cambia.

También puede ayudar pedir a nuestros familiares y amigos dentro del público al que queremos dirigirnos

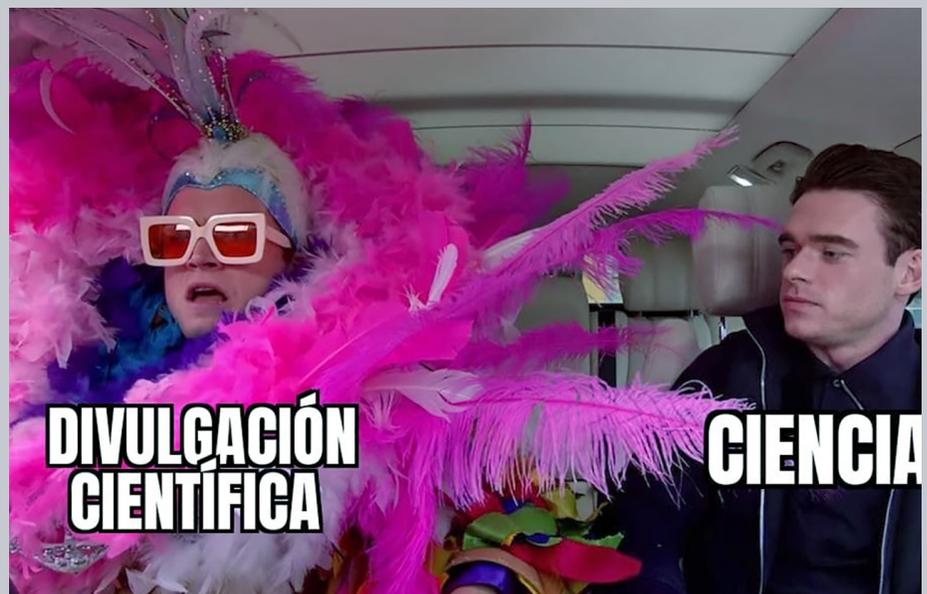


Figura 2. Representación de la divulgación científica. La ciencia se ha representado como un ente aburrido, difícil y complicado (Takahashi & Tandoc, 2016), mientras que la divulgación científica parece permear el imaginario colectivo como la parte divertida de la ciencia (elaboración propia).

# LOS MUTANTES SÍ EXISTEN YES, MUTANTS DO EXIST!

Roxana Yughadi Gaona García, Jesús Campos García,  
Lorena Martínez Alcantar

Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
Contacto: lorena.martinez@umich.mx

**Resumen:** Aquellos organismos que han sufrido cambios en su material genético, o bien, mutaciones, se denominan mutantes. En el mundo tan cambiante en el que vivimos, muchos organismos han tenido que adaptarse y evolucionar para poder sobrevivir, esto se logra mediante las mutaciones, sin embargo, cuando estas afectan genes importantes para el correcto funcionamiento de los seres vivos se pueden desencadenar enfermedades o peor aún, resultar incompatibles con la vida del organismo. Gracias a los avances científicos y tecnológicos en el campo de la genética, el ser humano ha adquirido la capacidad de estudiar en medida de lo posible las mutaciones, sus causas, tipos y los efectos que tienen sobre los seres vivos.

**Palabras clave:** Mutaciones, ADN, genes.

**Abstract:** Those organisms that have undergone changes in their genetic material, or mutations, are called mutants. In the ever-changing world we live in, many organisms have had to adapt and evolve in order to survive, that is achieved through the mutations, however, when these mutations affect important genes for the proper functioning of living beings, diseases can be triggered or worse, they may become incompatible with life. Thanks to scientific and technological advances in genetics, humans have acquired the ability to study, to the extent possible, mutations, their causes, types and effects on living beings.

**Key words:** Mutations, DNA, genes.

preguntarles si nuestro producto de divulgación es entendible, ¿cuál es el mensaje que les queda?, ¿es lo que queríamos comunicar?, al final, si el mensaje no se entiende, no tuvo sentido hacer el artículo de divulgación que nos pidió el SNII. La divulgación es un ejercicio de mejora constante que requiere de un diálogo con el público al que nos dirigimos, no olvidemos para quiénes divulgamos. Espero que estas líneas te ayuden a mejorar en tu quehacer divulgativo y recuerda que cada producto es único, no hay una receta escrita porque hacer divulgación, más que una ciencia, es un arte que requiere dedicación, trabajo y formación constante por parte del divulgador.

## Referencias

- Berruecos Villalobos, M. de L. (2009). La divulgación de la ciencia puesta en discurso. [https://librosoa.unam.mx/bitstream/handle/123456789/2210/Divulgacion puesta en discurso.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://librosoa.unam.mx/bitstream/handle/123456789/2210/Divulgacion%20puesta%20en%20discurso.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bittel, C. (2019). Testing the truth of phrenology: Knowledge experiments in antebellum American cultures of science and health. *Medical History*, 63(3), 352–374. <https://doi.org/10.1017/mdh.2019.31>
- Bolet, F. J. (2015). Difusión Y Divulgación De La Ciencia: Orígenes Históricos Y Rasgos Discursivos Diferenciadores. *Revista Electrónica Latinoamericana de Estudios Sociales, Históricos y Culturales de La Ciencia y La Tecnología*, 1(1), 3–32. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/40712>
- Burns, T. W., O'Connor, D. J., & Stocklmayer, S. M. (2003). Science communication: A contemporary definition. *Public Understanding of Science*, 12(2), 183–202. <https://doi.org/10.1177/09636625030122004>
- Cazaux, D. (2009). El periodismo científico hoy. Transcripción de video Conferencia. Sede de ADEPA / Asociación de Entidades Periodísticas Argentinas, martes 11 de agosto.
- Jurdant, B. (1969). Vulgarisation scientifique et idéologie. *Communications*, 14(1), 150–161. <https://doi.org/10.3406/comm.1969.1203>
- Knight, R. T. (2007). Neural networks debunk phrenology. *Science*, 316(5831), 1578–1579. <https://doi.org/10.1126/science.1144677>
- Mortureux, M.-F. (1985). Linguistique et vulgarisation scientifique. *Social Science Information*, 24(4), 825–845. <https://doi.org/10.1177/053901885024004009>
- Roqueplo, P. (1983). El reparto del saber. Ciencia, cultura, divulgación. Buenos Aires: Gedisa.
- Sánchez Mora, A. M. (2010). Introducción a la comunicación escrita de la ciencia. In U. Veracruzana (Ed.), *Revista Brasileira de Linguística Aplicada* (1a ed., Vol. 5, Issue 1). [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IntroduccionaLadivulgacionescrita\\_26664.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IntroduccionaLadivulgacionescrita_26664.pdf)
- Takahashi, B., & Tandoc, E. C. (2016). Media sources, credibility, and perceptions of science: Learning about how people learn about science. *Public Understanding of Science*, 25(6), 674–690. <https://doi.org/10.1177/0963662515574986>

## Introducción:

Cuando escuchamos la palabra mutante, se vienen a nuestra mente imágenes de criaturas horribles, seres de otro planeta con deformidades u órganos extras, y probablemente suponemos que jamás veremos uno con nuestros propios ojos; sin embargo, el mundo que nos rodea tiene sus propios mutantes y estamos más cerca de ellos de lo que creemos.

Se les llama mutantes a aquellos organismos que han sufrido mutaciones. Las mutaciones se definen como cambios o alteraciones en el ADN (ácido desoxirribonucleico), que producirán cambios en las características externas e internas del organismo. Por lo general, las mutaciones ocurren aparentemente sin causa y la mayoría de las veces son irreversibles, de modo que, si resultan ser beneficiosas para el organismo se pueden heredar y permanecer para siempre o durante mucho tiempo en los nuevos organismos dando lugar a la diversidad y a la evolución. Por otra parte, si resultan ser perjudiciales pueden afectar a los organismos en muchas maneras e inclusive ser incompatibles con la vida.



Figura 1: mutante de ciencia ficción. Tomado de: <https://www.deviantart.com/jpzil1e6298/art/Super-8-Alien-Poster-213313371>

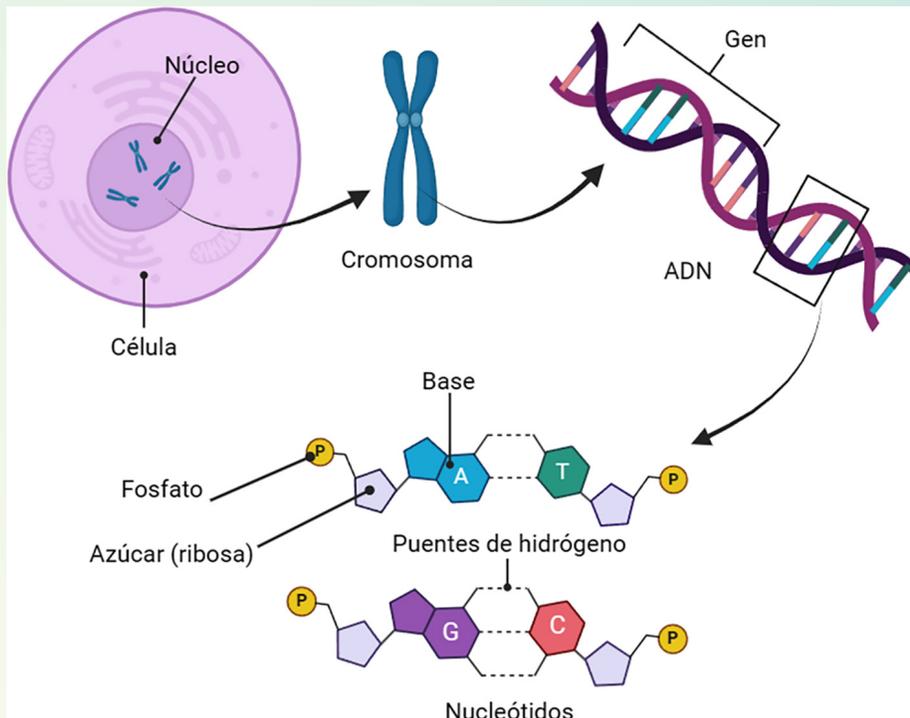


Figura 2: Localización celular y estructura del ADN. Por: Roxana Yughadi Gaona García en Biorender.

Gracias a las mutaciones la vida es posible pues, para que una especie pueda continuar en nuestro cambiante planeta, es necesario que se adapte a su entorno. En búsqueda de la adaptación, los seres vivos hemos mutado y evolucionado sorprendentemente, así pues, hace miles de millones de años, los organismos vivos eran tan solo microorganismos simples con pocas funciones y ahora, estamos formados por millones de células que a su vez forman tejidos y órganos con funciones muy avanzadas y especializadas.

### El ADN, los genes y la herencia.

Los organismos vivos están formados por bloques estructurales denominados células. Organismos superiores, como el hombre, están conformados por células que en su interior presentan un núcleo rodeado por una membrana, en el cual se encuentra uno de los tesoros más preciados para los organismos: el ADN. EL ADN es el material genético, este se encuentra enrollado en paquetes ordenados llamados cromosomas y en él se almacena toda la información necesaria para el desarrollo, funcionamiento, crecimiento y reproducción de los organismos (Jiménez & Merchant, 2003). Esta información se almacena como un código que consta de cuatro bases

nitrogenadas: adenina (A), guanina (G), citosina (C) y timina (T), estas interactúan mediante puentes de hidrógeno de la siguiente manera A-T y G-C (figura 2). El orden o secuencia de dichas bases determina la información disponible para construir y mantener a un organismo que, al igual que las letras del abecedario, aparecen en un orden específico para formar distintas palabras y oraciones. Cada base también está unida a una molécula de azúcar y una molécula de fosfato, juntos se denominan nucleótidos (base nitrogenada, azúcar y fosfato). Una propiedad importante del ADN es que puede replicarse (hacer copias de sí mismo), esta característica es importante durante la división celular porque cada célula nueva debe tener una copia exacta del ADN de la célula que la precede (Hu & Stillman, 2023). En este contexto, a los segmentos de ADN que contienen información específica (para formar proteínas) se les denomina **genes**, los cuales son considerados la unidad funcional y física de la herencia. La información contenida en los genes de un ser vivo, con todas las características visibles y no visibles que lo definen y que se transmiten de generación en generación a través de la herencia, se conocen como **genotipo** (Costanzo et al., 2019). A su vez, el genotipo en conjunto con los factores ambientales, determina el **fenotipo**, es

decir todas las características observables de un organismo como el color de las flores, los patrones de pelaje en los animales o el color de ojos en las personas (Costanzo et al., 2019).

### ¿Cómo se producen las mutaciones?

Las mutaciones en un organismo pueden tener diversas causas y consecuencias, afectando tanto la salud individual como la evolución de las especies. Estas alteraciones en el material genético pueden generarse de diferentes maneras, incluyendo:

1.- Errores durante la replicación del ADN. Como se mencionó con anterioridad, el ADN tiene la capacidad de almacenar y transmitir información genética, este proceso es llevado a cabo por una serie de enzimas, siendo la ADN polimerasa una de las más importantes. Aunque la ADN polimerasa es muy precisa, ocasionalmente puede incorporar una base incorrecta en la nueva cadena de ADN. Por ejemplo, en lugar de incorporar una adenina (A) frente a una timina (T), puede incorporar una citosina (C) por error. La mayoría de estos errores se corrigen de inmediato ya que los seres vivos tenemos mecanismos para repararlos, sin embargo, si un error no es corregido, se convierte en una mutación permanente en la célula (Schumacher et al., 2021).

2.- Daño causado por factores ambientales. El ADN puede sufrir daños por exposición a diversos agentes ambientales (Schumacher et al., 2021). La radiación UV (ultravioleta) del sol puede causar la formación de dímeros de timina, en los que dos timinas adyacentes se unen de forma anormal, distorsionando la estructura del ADN. La radiación es una potente causa de mutaciones pues los rayos X y la radiación gamma pueden causar roturas en las cadenas de ADN, así como daños en las bases, cambiando su estructura química.

3.- Errores durante la recombinación génica (Epum & Haber, 2022). La recombinación génica es un proceso natural y esencial que ocurre durante la formación de gametos (óvulos y espermatozoides) en organismos eucariotas y también durante ciertos

procesos en organismos procariotas. La recombinación génica es el intercambio de segmentos de ADN entre moléculas de ADN homólogas (similares o idénticas).

Este intercambio puede ocurrir durante la meiosis en eucariotas o durante la transferencia genética horizontal en bacterias. Durante la meiosis, los cromosomas homólogos (uno de cada padre) se emparejan y pueden intercambiar segmentos de ADN en un proceso llamado “cruce” o “crossing over”. En bacterias, la recombinación puede ocurrir a través de procesos como la conjugación, la transformación y la transducción, en donde el material genético es intercambiado entre bacterias. Las mutaciones por recombinación génica se producen por:

- Errores Durante el Cruce: durante el cruce, los cromosomas homólogos pueden alinearse incorrectamente, lo que resulta en un crossing over desigual. Esto puede causar duplicaciones o deleciones de segmentos de ADN. Las duplicaciones pueden llevar a la presencia de genes adicionales que pueden mutar y adquirir nuevas funciones, mientras que las deleciones pueden resultar en la pérdida de genes importantes. También pueden ocurrir conversiones génicas cuando un segmento de ADN se copia de un cromosoma a otro, reemplazando una secuencia similar. Si la secuencia copiada contiene errores, estos se transfieren al nuevo lugar.
- Errores en la Reparación del ADN. Las roturas de la doble cadena son peligrosas porque pueden provocar la pérdida de grandes segmentos de cromosomas y los cientos de genes que contienen si no se reparan adecuadamente. Existen dos mecanismos principales para la reparación de estas roturas en el ADN: la vía de unión de extremos no homólogos y la recombinación homóloga. En la unión de extremos no homólogos, los dos extremos rotos de un cromosoma simplemente se vuelven a unir. Este método de reparación es “desordenado” y generalmente resulta en la pérdida o, a veces, en la

adicción de unos pocos nucleótidos en el sitio de la rotura. Por lo tanto, la unión de extremos no homólogos tiende a producir una mutación.

- Una rotura de la doble cadena puede ser reparada mediante la unión de extremos no homólogos, donde el cromosoma se “pega” de nuevo, usualmente con una pequeña mutación en el sitio de la rotura. En la recombinación homóloga, se utiliza la información del cromosoma homólogo que coincide con el dañado para reparar la rotura. Si hay secuencias repetidas, puede ocurrir recombinación entre secuencias incorrectas, causando reorganizaciones en el ADN.
  - Recombinación Ilícita. A veces, la recombinación ocurre entre secuencias que no son muy parecidas, causando grandes cambios en el ADN como translocaciones e inversiones, que pueden interrumpir genes o alterar su función.
- 4.- Mutaciones espontáneas. Incluso en ausencia de factores externos, el ADN puede sufrir mutaciones espontáneas debido que las bases

nucleotídicas, al igual que muchas otras moléculas, poseen inestabilidad intrínseca.

### Tipos de mutaciones

Existen varios tipos de mutaciones, algunas se clasifican de acuerdo al nivel en el que se presenten; aquellas que afectan a los nucleótidos de la cadena de ADN, reciben el nombre de mutaciones moleculares o puntuales, las que ocurren en grandes fragmentos de genes se llaman mutaciones cromosómicas y, por último, aquellas que ocurren en conjuntos de cromosomas son llamadas mutaciones genómicas (Shendure & Akey, 2015).

Las mutaciones puntuales pueden ser de tres tipos: sustitución, inserción o deleción (Karki et al., 2015). Las mutaciones por sustitución, ocurren cuando un solo nucleótido es reemplazado por otro. Dependiendo del cambio, puede tener efectos variables, desde ninguno hasta causar enfermedades genéticas. Por su parte las mutaciones por inserción implican la adición de uno o más nucleótidos en la secuencia de ADN, causando cambios significativos en la proteína codificada. En el caso de la deleción, ésta involucra

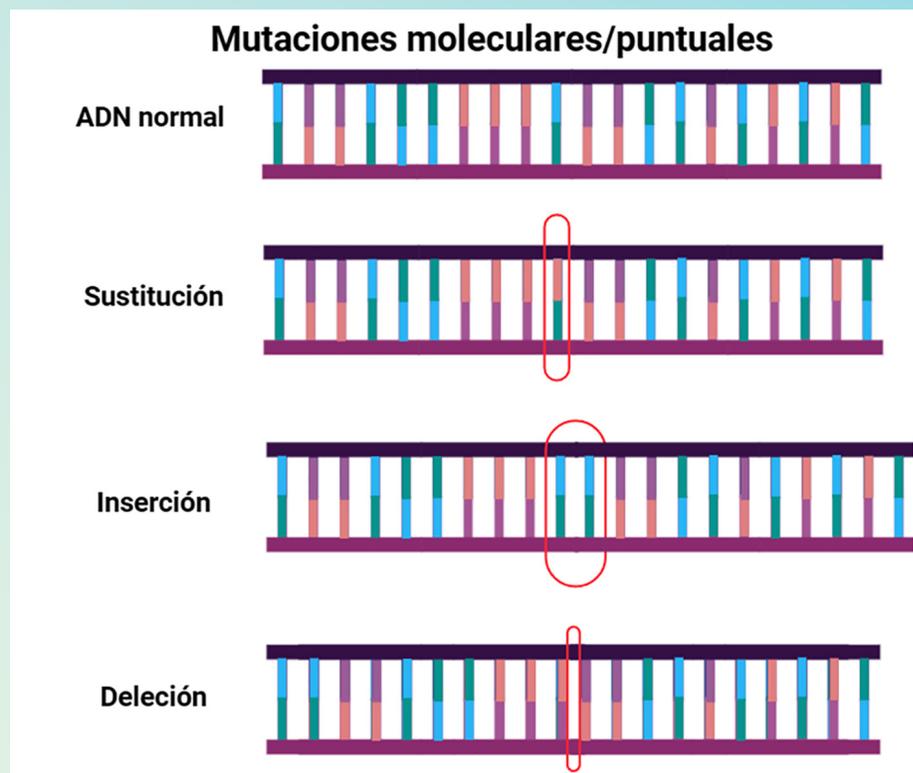


Figura 3: Mutaciones puntuales. Por: Roxana Yughadi Gaona García en Biorender.

la pérdida de uno o más nucleótidos de la secuencia de ADN. Al igual que la inserción, puede cambiar el marco de lectura y afectar la función de la proteína (Xue & Lau, 2020). Figura 3

Las mutaciones cromosómicas pueden tener efectos significativos en la función celular y el desarrollo de un organismo.

Hay varios tipos de mutaciones cromosómicas: duplicaciones, deleciones, inversiones y translocaciones. Las duplicaciones, como su nombre lo indica resultan en la duplicación de una porción de un cromosoma, lo que puede llevar a un exceso de genes y en algunos casos a cambios importantes en el fenotipo. Cuando existe la pérdida de una porción de un cromosoma la mutación cromosómica recibe el nombre de deleción, las cuales pueden tener e

fectos graves en la salud y el desarrollo. En el caso de las inversiones se presentan cuando una porción de un cromosoma se rompe y se vuelve a unir en la dirección opuesta. Esto puede alterar la función de los genes dentro de la región invertida. Finalmente, las translocaciones implican el intercambio de segmentos entre cromosomas no homólogos. Esto puede afectar la expresión génica y conducir a trastornos genéticos (figura 4).

Las mutaciones genómicas son cambios en el número total de cromosomas, normalmente, los humanos tienen 46 cromosomas, pero a veces hay más o menos debido a errores durante la formación de células reproductivas. Estos cambios pueden afectar a todos los cromosomas y, por lo tanto, al genoma completo de un organismo. Hay dos tipos principales de mutaciones genómicas: Aneuploidías y Poliploidías (figura 5).

Las Aneuploidías, son cambios en el número total de cromosomas en una célula. Por su parte las Poliploidías implican la presencia de más de dos conjuntos completos de cromosomas (González, & Leguina, 2017). En lugar de los dos conjuntos normales (diploides), puede haber tres (triploides) o más. La poliploidía es más común en plantas que en animales y puede ser una ventaja en términos de tamaño y vigor.

### Mutaciones en humanos

Las mutaciones ocurren en todos los organismos vivos y pueden tener una variedad de consecuencias. Algunas son neutras y no afectan la salud ni el desarrollo del organismo, otras pueden ser beneficiosas y proporcionar ventajas evolutivas (Shendure & Akey, 2015).

Un ejemplo muy claro sobre las mutaciones en los seres humanos es la diversidad de colores de ojos que existen. Se sabe que los primeros humanos tenían ojos, piel y cabello de colores oscuros debido a que habitaban en el continente africano, donde hay una fuerte radiación solar.

Estas condiciones, favorecían a que la melanina, el pigmento que da el color café a los ojos, piel y cabello, se produjera en una cantidad suficientemente alta como para protegerlos de los potentes rayos solares, pero, cuando el hombre se aventuró a lugares más lejanos de la tierra, en donde la radiación solar no es tan fuerte, los ojos tuvieron que adaptarse y producir menos melanina para así captar los pocos rayos solares que recibían.

Actualmente encontramos una vasta gama de colores de ojos puesto que, estos cambios que antes fueron mutaciones, se heredaron, permanecieron en el genoma humano y ahora son un rasgo común dentro de ciertas poblaciones. Así pues, como este caso, han ocurrido muchísimos más

durante la evolución del hombre, pero a esos cambios ya no se les llama mutaciones debido a la cantidad de tiempo en que han estado en el genoma (conjunto de todo el material genético) humano (Fu & Akey, 2013).

Muchas mutaciones son perjudiciales y pueden causar enfermedades genéticas. Un ejemplo de ello es el síndrome de Down, una aneuploidía que ocurre debido a que se produce una copia extra del cromosoma número 21 (los seres humanos tenemos 23 pares de cromosomas), esta trisomía (tres cromosomas) va a ocasionar los rasgos característicos relacionados al síndrome.

Otro ejemplo es la acondroplasia que, a menudo ocurre por la mutación del gen FGF3 y se caracteriza por extremidades cortas, piernas encorvadas, baja estatura y cabeza grande, estos signos se ven en personas que padecen lo que coloquialmente llamamos “enanismo” (Hoover-Fong et al., 2021). Existen mutaciones en los genes que se encargan de controlar la producción de melanina, produciendo así, un cautivador color blanco en la piel y cabello que conocemos como albinismo.

Un caso impresionante, es el del “hombre árbol”, el cual posee una enfermedad rarísima llamada epidermodisplasia veruciforme en la cual varios genes están involucrados, esta se caracteriza por la aparición de lesiones en forma de verrugas en la piel

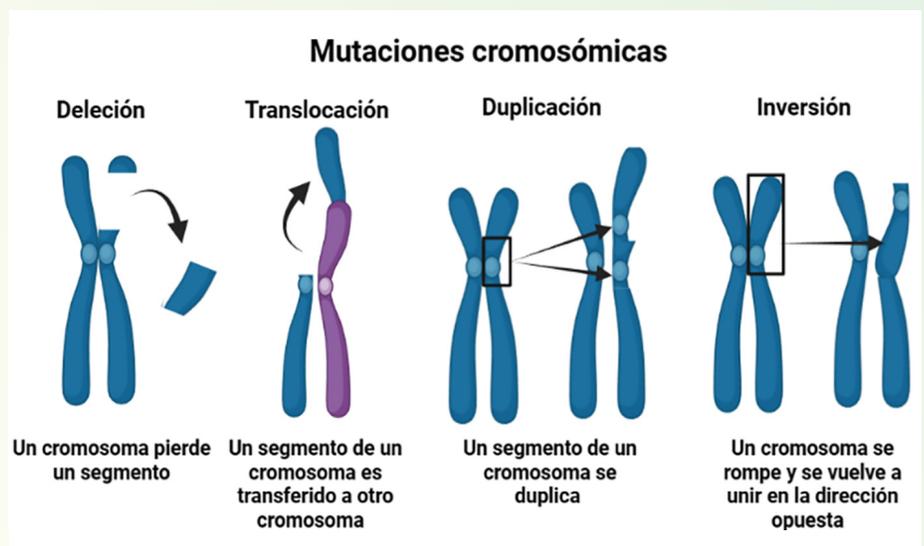


Figura 4: Mutaciones cromosómicas. Por: Roxana Yughadi Gaona García en Biorender.

y en casos severos, la piel llega a asemejarse a la corteza de un árbol (Liu & Ma, 2020). Sin duda, existen muchas más mutaciones que aquejan a los humanos, algunas de ellas no incapacitan a quienes las padecen, por ejemplo, los casos de polidactilia (aparición de más de 5 dedos en cada mano o pie), o hipertricosis (producción exagerada de vello corporal) y otras, influyen en la salud y bienestar físico del individuo, como la fibrosis quística, una mutación en un gen que provocará la producción de mucosa pegajosa y espesa en los pulmones; la anemia falciforme, que por la mutación del gen HBB los glóbulos rojos de la sangre se ven afectados tanto en funcionamiento como en forma, amenazando la vida del individuo que la padece. Incluso existen mutaciones que alteran el crecimiento y división celular, por lo que las células no mueren en el tiempo en que deberían y crecen sin control, provocando el desarrollo de cáncer (Schumacher et al., 2021).

El Proyecto Genoma Humano (completado en el 2003) fue un hito que nos dio el mapa completo del ADN humano, facilitando la identificación de genes asociados a enfermedades. Así pues, la lista podría continuar extendiéndose, ya que se han identificado alrededor de 8000 enfermedades de origen genético, de las cuales la gran mayoría no tienen cura (González & Leguina, 2017).

### Conclusión:

Como vimos a lo largo de la lectura, las mutaciones son cambios en el ADN de un organismo que pueden ocurrir de diversas formas, ya sea por errores durante la replicación del ADN, exposición a factores ambientales, procesos de recombinación génica o incluso de forma espontánea. Dichas mutaciones pueden tener consecuencias variadas, desde ser neutrales hasta ser beneficiosas o perjudiciales para el organismo que las presenta. Debido a la gran cantidad de mutaciones que aquejan a los humanos, es importante ampliar las investigaciones al respecto para encontrar nuevas estrategias para el entendimiento, el tratamiento y la prevención o cura (en caso de que sea posible) de dichas enfermedades.

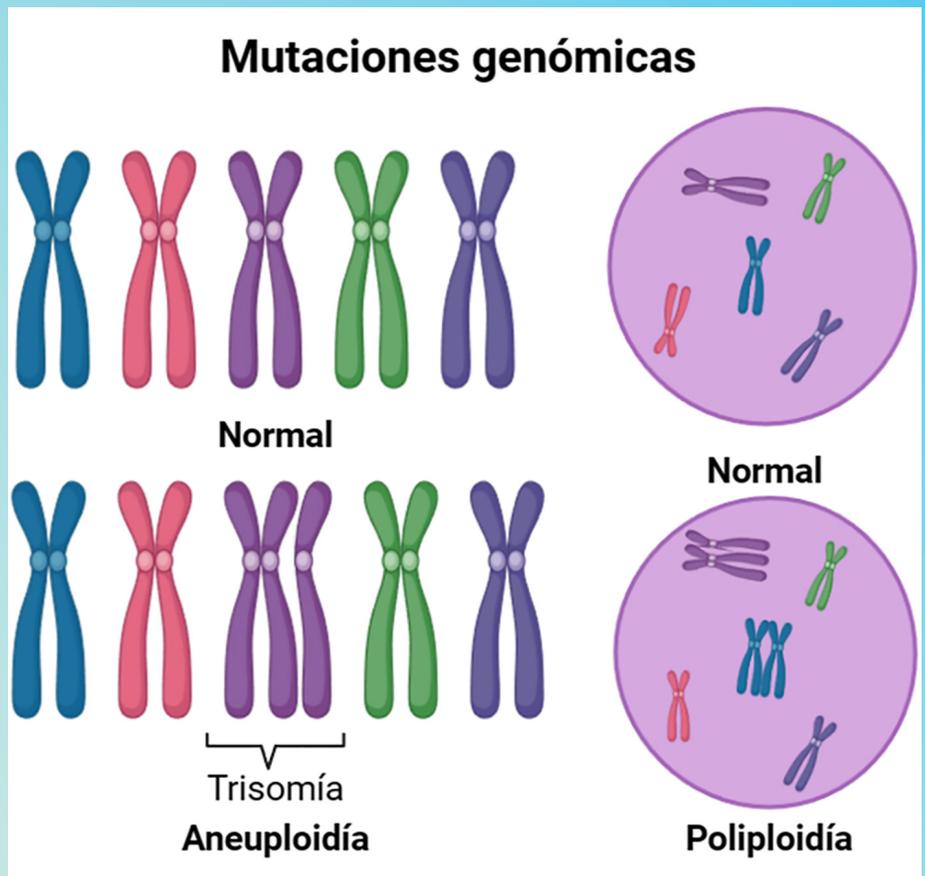


Figura 5: Mutaciones genómicas. Por: Roxana Yughadi Gaona García en Biorender.

### Referencias:

- Costanzo, M., Kuzmin, E., van Leeuwen, J., Mair, B., Moffat, J., Boone, C., & Andrews, B. (2019). Global Genetic Networks and the Genotype-to-Phenotype Relationship. *Cell*, 177(1), 85–100. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2019.01.033>
- Epum, E. A., & Haber, J. E. (2022). DNA replication: the recombination connection. In *Trends in Cell Biology* (Vol. 32, Issue 1, pp. 45–57). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tcb.2021.07.005>
- Fu, W., & Akey, J. M. (2013). Selection and adaptation in the human genome. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, 14, 467–489. <https://doi.org/10.1146/annurev-genom-091212-153509>
- González, D., & Leguina, L. (2017). Las enfermedades raras desde la Atención Primaria. *Actualización En Pediatría*, 3, 133–142. [www.aepap.org](http://www.aepap.org)
- Hoover-Fong, J., Cheung, M. S., Fano, V., Hagenas, L., Hecht, J. T., Ireland, P., Irving, M., Mohnike, K., Offiah, A. C., Okenfuss, E., Ozono, K., Raggio, C., Tofts, L., Kelly, D., Shediak, R., Pan, W., & Savarirayan, R. (2021). Lifetime impact of achondroplasia: Current evidence and perspectives on the natural history. *Bone*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2021.115872>
- Hu, Y., & Stillman, B. (2023). Origins of DNA replication in eukaryotes. *Molecular Cell*, 83(3), 352–372. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2022.12.024>
- Jiménez, L. F., & Merchant, H. (2003). *Biología celular y molecular* (1st ed.). Pearson Education.
- Karki, R., Pandya, D., Elston, R. C., & Ferlini, C. (2015). Defining “mutation” and “polymorphism” in the era of personal genomics. *BMC Medical Genomics*, 8(37). <https://doi.org/10.1186/s12920-015-0115-z>
- Liu, W., & Ma, D. L. (2020). Severe Epidermodysplasia Verruciformis. In *Mayo Clinic Proceedings* (Vol. 95, Issue 9, p. 2035). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2020.07.010>
- Schumacher, B., Pothof, J., Vijg, J., & Hoeijmakers, J. H. J. (2021). The central role of DNA damage in the ageing process. *Nature*, 592(7856), 695–703. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03307-7>
- Shendure, J., & Akey, J. M. (2015). The origins, determinants, and consequences of human mutations. *Science*, 349(6255), 1478–1484. <https://doi.org/10.1126/science.aaa9119>
- Xue, T., & Lau, F. C. M. (2020). Construction of GC-Balanced

## Historia de los antibióticos

Desde la antigüedad el ser humano ha intentado emplear plantas y hongos (como los que seguro has observado creciendo sobre alimentos) con la finalidad de tratar enfermedades infecciosas. Sin embargo, el éxito de estos tratamientos era muy limitado y, por lo tanto, las enfermedades infecciosas, como la tuberculosis (enfermedad respiratoria causada por una bacteria) y la malaria (enfermedad transmitida por la picadura de mosquitos), eran una de las principales causas de muerte. A principios del siglo XIX comenzaron a realizarse investigaciones mucho más formales para aislar moléculas con actividad antibiótica, por ejemplo, Louis Pasteur descubrió que algunas bacterias podían destruir a la bacteria del ántrax. Otro ejemplo es el caso del científico Rudolf von Emmerich, quien aisló una sustancia capaz de destruir a los microorganismos causantes de las enfermedades de la colera y de la difteria, sin embargo, nunca pudo aplicarlo de forma exitosa a personas enfermas. Finalmente, Alexander Fleming descubrió la penicilina en 1929, siendo este el primer antibiótico exitoso. Y algunos años más tarde (1943), Albert Schatz descubrió la estreptomina, considerado el segundo antibiótico comercial que, además, demostró ser efectivo en el tratamiento de la tuberculosis (Hutchings et al., 2019). Tanto la penicilina como la estreptomina son sustancias aisladas de microorganismos ambientales, del hongo *Penicillium chrysogenum* y de la bacteria *Streptomyces griseus* respectivamente. El descubrimiento de los primeros antibióticos marcó también la forma en la que se iban a buscar y aislar nuevas moléculas con actividad antibiótica. ¿Sabías que algunos microbios producen los antibióticos que utilizamos? Actualmente, contamos con una amplia gama de antibióticos con mecanismos de acción distintos aislados casi en su mayoría de bacterias del género *Streptomyces* (Puede ver algunos ejemplos en la Tabla 1).

### Resistencia a antibióticos

Sin lugar a dudas el descubrimiento de los antibióticos revolucionó la historia de la humanidad salvando millones de vidas y permitiendo el desarrollo y la práctica de procedimientos médicos que a principios del siglo pasado serían imposibles, como los trasplantes de

*12 Milenaria, Ciencia y Arte*

# Bacterias aisladas de insectos como fuente de nuevos antibióticos

## *Bacteria isolated from insects as a source of new antibiotics*

Martínez Reyes Perla Alejandra<sup>1</sup>, Ocampo Zarate Ximena<sup>1</sup>  
y Chávez Jacobo Víctor M.<sup>2</sup>

Tecnológico Nacional de México, Campus Zacatepec, Departamento de Ingeniería Bioquímica. Zacatepec, Morelos. <sup>2</sup>Instituto de Biotecnología, UNAM. Cuernavaca, Morelos, México.  
Contacto: victor\_mch@hotmail.com

**Resumen.** Las enfermedades infecciosas han sido un problema de salud pública desde la antigüedad, sin embargo, el descubrimiento de los primeros antibióticos dio inicio a una nueva era al hacer posible el tratamiento de la mayoría de estas enfermedades infecciosas. La mayoría de los antibióticos descritos en lo que se podría considerar como la edad dorada fueron aislados de microorganismos del suelo, siendo los más representativos las bacterias del género *Streptomyces*. Desafortunadamente, el descubrimiento de nuevas moléculas se ha frenado en los últimos años y las bacterias con la capacidad de resistir el efecto de los antibióticos son cada vez más comunes, por lo que estamos viviendo una gran crisis generada por estos dos factores. Actualmente, se ha renovado la búsqueda de nuevas moléculas con actividad antibiótica y una nueva fuente son las bacterias simbiotas de insectos. En el presente artículo presentamos algunos datos sobre la nueva investigación que se está realizando e invitamos a todos a tomar medidas para frenar la resistencia a antibióticos ya que se requiere de la participación de todos para poder resolver la crisis actual.

**Palabras clave:** Avispa, hormiga, resistencia a antibióticos.

**Abstract.** Infectious diseases have posed public health challenges since ancient times. However, the discovery of the first antibiotics marked a new era, enabling the treatment of many of these diseases. During what could be considered the golden age of antibiotics, most of these life-saving compounds were isolated from soil microorganisms, with the genus *Streptomyces* being particularly representative. Regrettably, the pace of discovering new antibiotic molecules has slowed down in recent years. Simultaneously, antibiotic-resistant bacteria are becoming increasingly common, leading to a significant crisis. To address this urgent issue, researchers have renewed their search for novel molecules with antibiotic activity. One promising source is insect symbiont bacteria. In this article we present some data about the new research that is being carried out and we invite everyone to take measures to stop antibiotic resistance since the participation of everyone is required to resolve the current crisis.

**Key words:** Wasp, ant, antibiotic resistance

órganos. Sin embargo, el uso masivo tanto en el ámbito clínico como en la salud de los animales y los cultivos ha provocado la selección y la distribución de bacterias capaces de resistir a sus efectos, hasta el punto de que la salud humana está siendo seriamente amenazada. En el año 2014 murieron 700 000 personas por bacterias resistentes a antibióticos y se estimó que para el año 2050 se podrían alcanzar hasta 10 millones de muertes al año (O'Neil, 2016). De manera

preocupante, en el 2019 alrededor de 5 millones de muertes se asociaron a bacterias resistentes a antibióticos. Así, de no controlarse adecuadamente, esta problemática puede llegar a ser catastrófica para la humanidad.

Para tratar de frenar este problema, la organización mundial de la salud (OMS) ha instado a las instituciones a buscar alternativas para tratar infecciones causadas por un grupo específico de

año 13, No. 23 enero-junio del 2024

Tabla 1. Ejemplos de antibióticos comerciales y su origen

Antibiótico (Año)	Origen
Penicilina (1929)	Hongos de los géneros <i>Penicillium</i> y <i>Aspergillus</i>
Estreptomycin (1943)	<i>Streptomyces griseus</i>
Eritromicina (1952)	<i>Streptomyces erythraeus</i>
Vancomicina (1956)	<i>Streptomyces orientalis</i>
Meticilina (1960)	Sintético
Ácido nalidíxico (1962)	Sintético
Cefalosporina (1964)	<i>Cephalosporium acremonium</i>
Norfloxacina (1980)	<i>Streptomyces roseosporus</i>
Linezolid (2000)	Sintético
Daptomicina (2003)	<i>Streptomyces roseosporus</i>

bacterias, donde se encuentran: *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterobacter spp.* Desafortunadamente, muy pocos antibióticos han sido desarrollados con éxito en los últimos diez años, y la mayoría de ellos pertenecen a familias para las cuales la resistencia se encuentra muy extendida. Como consecuencia, se necesitan nuevas estrategias para superar la crisis de resistencia a antibióticos (Antimicrobial Resistance Collaborators, 2022). De manera interesante, el 69% de los antibióticos comerciales son derivados de productos naturales y un 97% de estos tienen origen bacteriano. Por lo que, para incrementar las posibilidades de descubrir moléculas nuevas, con mecanismos de acción novedosos, es esencial explorar nuevas fuentes y una con gran potencial son las bacterias simbiotes de insectos.

### Búsqueda de nuevas moléculas con actividad antibiótica

En general, los insectos son sumamente exitosos al colonizar una gran variedad de nichos ecológicos enfrentando numerosos retos a lo largo de su vida, donde se incluyen los depredadores, parásitos e infecciones bacterianas. Las bacterias que establecen relaciones benéficas con los insectos, denominadas bacterias simbiotes, juegan un papel crucial para afrontar todos estos retos. De manera muy general, estos simbiotes emplean dos estrategias de acción: activan el sistema inmune del insecto hospedero o producen metabolitos secundarios con actividad antibiótica, por lo que actualmente, las bacterias simbiotes de insectos se consideran como una buena fuente de nuevos antibióticos. A continuación, daremos algunos detalles de investigaciones relevantes en esta área

crítica (Van Moll et al., 2021). Además, en la figura 1 se detalla la forma sistemática en que se desarrolla la búsqueda de nuevas moléculas con actividad antibiótica.

**Hormigas.** Las hormigas son insectos eusociales (nivel social de organización donde dos o más generaciones viven juntas y los adultos cuidan de las crías, además, los miembros están divididos en reproductores y no reproductores). Son uno de los grupos de mayor éxito con al menos catorce mil especies descritas llegando a colonizar prácticamente todo el planeta. Se han identificado bacterias del género *Streptomyces* formando parte de la microbiota (conjunto de organismos que residen en el individuo) de las hormigas que le proveen de defensas químicas para combatir de forma efectiva las enfermedades infecciosas. Recientemente se identificó que una

bacteria del género *Streptomyces* aislada de una hormiga cortadora de hojas brasileña es capaz de producir un compuesto llamado cifomicina. El compuesto purificado presenta actividad contra infecciones causadas por hongos multiresistentes a antibióticos con el cual las hormigas pueden defenderse de infecciones y a nosotros nos puede proporcionar una nueva herramienta para ayudarnos a combatir el grave problema de la resistencia a los antimicrobianos. Además, también se ha reportado que la especie de hormiga cortadora de hojas, *Atta cephalotes*, ha demostrado ser una valiosa fuente de diversos tipos de bacterias incluidas actinomicetos con una gran capacidad para producir sustancias bioactivas que combaten las levaduras del género *Cándida*, responsables de infecciones comunes en humanos (Chevrette et al., 2019).

**Avispas.** De manera general, las avispas tienen un ciclo de vida compuesto por varias fases: huevo, larva, pupa y adulto. Al igual que ocurre con otros insectos, los estadios iniciales de crecimiento representan una gran vulnerabilidad para padecer infecciones por bacterias y hongos, por lo que se cree que deben tener algún mecanismo de defensa. Se han identificado bacterias beneficiosas, principalmente *Actinobacterias*, en los nidos de las avispas que probablemente cumplen una

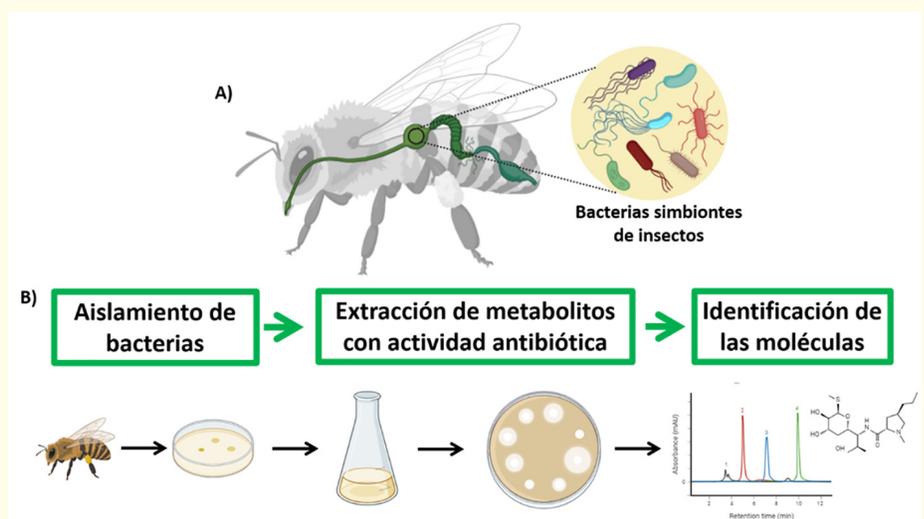


Figura 1. Enfoque sistemático para la identificación de moléculas con actividad antimicrobiana producidas por bacterias simbiotes de insectos. A) Los insectos poseen bacterias simbiotes prácticamente en todo su cuerpo, sin embargo, el sistema digestivo es una de las primeras opciones para aislar posibles bacterias beneficiosas. B) Se selecciona un insecto de interés, puede ser el insecto completo o una parte en particular del insecto para aislar a las bacterias simbiotes. Las bacterias aisladas se crecen de forma individual y sus metabolitos secundarios se prueban por capacidad para inhibir el crecimiento de bacterias patógenas. Se realiza la extracción del compuesto responsable de la inhibición y finalmente se identifican las moléculas.

función de protección contra posibles patógenos. Además, se han aislado microorganismos de las glándulas salivales y de la cutícula (parte exterior de los insectos, normalmente es muy rígida) de las avispas adultas, y se cree que estas son las que realizan la inoculación (transferencia de bacterias beneficiosas) de los nidos con el fin de proteger a las crías. La investigación en esta área apenas ha comenzado; sin embargo, resulta muy prometedor, ya que de los aislados probados, el 90% presenta actividad inhibitoria del crecimiento contra bacterias y hongos patógenos (Cambroner-Heinrichs et al., 2019)

**Mosca soldado negra.** Las larvas de este insecto pueden alimentarse prácticamente de cualquier desecho orgánico en buen estado o en fases de descomposición muy avanzadas, donde se sabe que abunda los microorganismos patógenos. Por lo anterior, se realizó la búsqueda de microorganismos benéficos en el tracto gastrointestinal de las larvas con la capacidad de producir moléculas que protejan contras posibles infecciones. Se aisló de forma exitosa la levadura *Pichia kudriavzevii* que presentó actividad contra *Salmonella typhimurium*. Por lo

que las larvas de este insecto han demostrado ser una buena fuente de bacterias productoras de antimicrobianos y si consideramos que la microbiota de su tracto gastrointestinal cambia dependiendo de la dieta, aun queda mucho por explorar en la búsqueda de nuevas moléculas con actividad antimicrobiana (Xia et al., 2021).

### Conclusión

La crisis actual causada por la resistencia a los antibioticos podría llegar a considerarse como una nueva pandemia, por su alcance global y por las terribles consecuencias que podrían llegar a presentarse si no se toman medidas de forma inmediata. Por ejemplo, podría llegar el día en que no contemos con ninguna opción para tratar alguna enfermedad infecciosa.

Como ciudadanos responsables, debemos considerar medidas tan básicas como mantener buenos hábitos de higiene y mantener al día el esquema de vacunación Por su parte, la comunidad científica esta enfocada en la búsqueda de nuevas moléculas con actividad antimicrobiana y los insectos han demostrado ser una fuente prometedor.

### Referencias

- Antimicrobial Resistance Collaborators (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet*, 399(10325), 629–655. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)02724-0.
- Cambroner-Heinrichs JC, Matarrita-Carranza B, Murillo-Cruz C, Araya-Valverde E, Chavarría M, Pinto-Tomás AA. 2019. Phylogenetic analyses of antibiotic-producing *Streptomyces* sp. isolates obtained from the stingless-bee *Tetragonisca angustula* (Apidae: Meliponini). *Microbiology* 165(3):292-301. DOI: 10.1099/mic.0.000754.
- Chevrette MG, Carlson CM, Ortega HE, et al. 2019. The antimicrobial potential of *Streptomyces* from insect microbiomes. *Nat Commun* 10(1):516. DOI: 10.1038/s41467-019-08438-0.
- Hutchings MI, Truman AW, Wilkinson B. 2019. Antibiotics: past, present and future. *Curr Opin Microbiol* 51:72-80. DOI: 10.1016/j.mib.2019.10.008.
- O'Neil, J. (2016). Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations. Review on antimicrobial resistance. [https://amrreview.org/sites/default/files/160518\\_Final paper\\_with cover.pdf](https://amrreview.org/sites/default/files/160518_Final%20paper_with%20cover.pdf).
- Van Moll L, De Smet J, Cos P, Van Campenhout L. 2021. Microbial symbionts of insects as a source of new antimicrobials: a review. *Crit Rev Microbiol* 47(5): 562-579. DOI: 10.1080/1040841X.2021.1907302.
- Xia J, Ge C, Yao H. 2021. Antimicrobial Peptides from Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Potential Antimicrobial Factors Representing an Alternative to Antibiotics in Livestock Farming. *Animals* (Basel) 11(7):1937. DOI: 10.3390/ani11071937.

• Enviado: enero 06, 2024 • Aceptado: mayo 24, 2024

# La glicación de moléculas y su relación con la diabetes

## *Advanced glycation end products and their effects on human health*

Víctor Orlando Robles Rodríguez<sup>1</sup> e Isaura de Jesús Magaña Martínez<sup>2</sup>

Hospital Regional, Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, León Guanajuato. 2. Colegio Primitivo y Nacional de San Nicolás de Hidalgo, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México.  
Contacto: isaura.magana@umich.mx

**Resumen.** Cuando consumimos alimentos y posteriormente se lleva a cabo el proceso de digestión, los alimentos se descomponen en sustancias que el cuerpo utiliza para generar energía; por ejemplo: la *glucosa*. Esta molécula, es transportada por el torrente sanguíneo a las células del cuerpo por una sustancia muy popular, la *insulina*. Esta hormona, es como una llave que abre las puertas celulares y permite la entrada de la glucosa desde el torrente sanguíneo hacia el interior de las células. Si una persona no se mantiene activa físicamente, presenta sobrepeso y tiene hábitos alimenticios inadecuados; existe una mayor probabilidad de desarrollar *diabetes*. Las personas se enferman de diabetes debido a que el cuerpo no puede producir insulina, o bien, la insulina que produce no funciona correctamente. Así que, la glucosa no puede entrar con normalidad debido a que no funciona la llave para abrir las puertas y las moléculas de glucosa permanecen en el torrente sanguíneo; aumentando su concentración, propiciando un estado celular donde la glucosa consigue modificar la estructura tridimensional de otras moléculas; desencadenando múltiples reacciones que causan daño celular irreversible.

**Palabras clave:** glucosa, diabetes, glicación.

**Abstract.** When we consume food and the digestion process subsequently takes place, the food is rotted into substances that the body uses to generate energy; for example: glucose. This molecule is transported through the bloodstream to the body's cells by a very popular hormone, insulin. Insulin is like a key that opens cellular doors and allows glucose to enter from the bloodstream into the cells. If a person is not physically active, they are overweight and have inadequate dietary habits; there is a greater chance of developing diabetes. People get sick with diabetes because the body cannot produce insulin, or the insulin produced does not work properly. So, glucose cannot enter normally because the key to open the doors does not work and the glucose molecules remain in the bloodstream; increasing its concentration, promoting a cellular state where glucose achieves to modify the three-dimensional structure of other molecules; triggering multiple reactions that cause irreversible cellular damage.

**Keywords:** Glucose, diabetes, glycation.

## Introducción

Las enfermedades no transmisibles (ENT) tienen una alta incidencia en el mundo (OMS, 2024). Una de las principales ENT es la *diabetes mellitus*. En 2021, de acuerdo al Instituto Nacional de Salud Pública de México 536 millones de personas en el mundo tienen diabetes y se estima que aumente a 783 millones en 2045. (Barrientos-Gutiérrez et al., 2023).

Los humanos utilizan la *glucosa* como principal fuente de energía. Esta glucosa proviene mayoritariamente del consumo de alimentos. El órgano que más consume energía es el cerebro. La *insulina* es la hormona encargada de facilitar el transporte de la glucosa del torrente sanguíneo hacia el interior de las células del cuerpo. Si la glucosa no ingresa a las células por un defecto en la función o secreción de la insulina, ésta queda circulando en la sangre ocasionando la diabetes. Esta enfermedad metabólica, se caracteriza por

mostrar elevados niveles de glucosa en sangre, es decir; una exposición continua, prolongada, severa y súbita de la glucosa también llamada *hiperglicemia*. También se asocia con daño, disfunción y falla a largo plazo de varios órganos (Brownlee, 2001). Los mecanismos que conducen a estas complicaciones no han sido completamente descifrados, sin embargo; los estudios hasta hoy en día, indican que los niveles elevados de la molécula de glucosa en sangre son los iniciadores de las complicaciones en la diabetes tipo 2 (Evans et al., 2002).

### La glucosa y la glicación avanzada

La glucosa acumulada en sangre puede formar otros compuestos modificando proteínas, ácidos nucleicos y lípidos sin que participen en estas reacciones catalizadores biológicos, como son las enzimas. Estos compuestos se conocen como productos finales de glicación avanzada o AGEs por sus siglas en inglés *Advanced Glycation End Products*. Los AGEs son compuestos complejos y heterogéneos, su

formación ocurre de manera natural en el proceso de envejecimiento y si la persona diabética no tiene un adecuado control glicémico, se puede acelerar el proceso de formación de AGEs, conduciendo a ambientes inflamatorios y oxidativos (Hegab et al., 2012).

### Origen de los AGEs

Los AGEs pueden provenir de fuentes endógenas y exógenas. En la diabetes, la hiperglicemia induce el aumento de estrés oxidativo, incrementando las especies reactivas de oxígeno como radicales libres y peróxidos; lo que provoca una auto-oxidación de la glucosa y la subsecuente formación de los AGEs endógenos. La producción de especies reactivas de oxígeno se favorece por la hiperglicemia que, a su vez, activa una serie de reacciones químicas que favorecen la producción de moléculas inflamatorias.

Los AGEs exógenos vienen de una gran variedad de alimentos y del humo del cigarro. El contenido de AGEs se incrementa mediante la forma de preparar los alimentos, es decir, la temperatura y el tiempo de cocción es clave para la formación de éstos. El procesamiento térmico, específicamente si se utiliza tecnología de calentamiento en seco: como freír, asar, hornear; así como aquellos donde se promueve la conservación del sabor y la apariencia; lleva a la formación de lo que se conoce como glicotoxinas (Uribarri et al., 2014). Se ha demostrado en humanos con o sin diabetes, que el consumo de un alimento con alto contenido en AGEs lleva a la elevación de estos en plasma; el 10% se absorbe en la circulación y el 65% es retenido (Koschinsky et al., 1997).

### ¿Cómo se forman los AGEs?

La reacción química inicial donde la glucosa u otro carbohidrato se une a proteínas, ácidos nucleicos o lípidos es conocida como *glicación temprana*. Se trata de una reacción no enzimática reversible, se forman

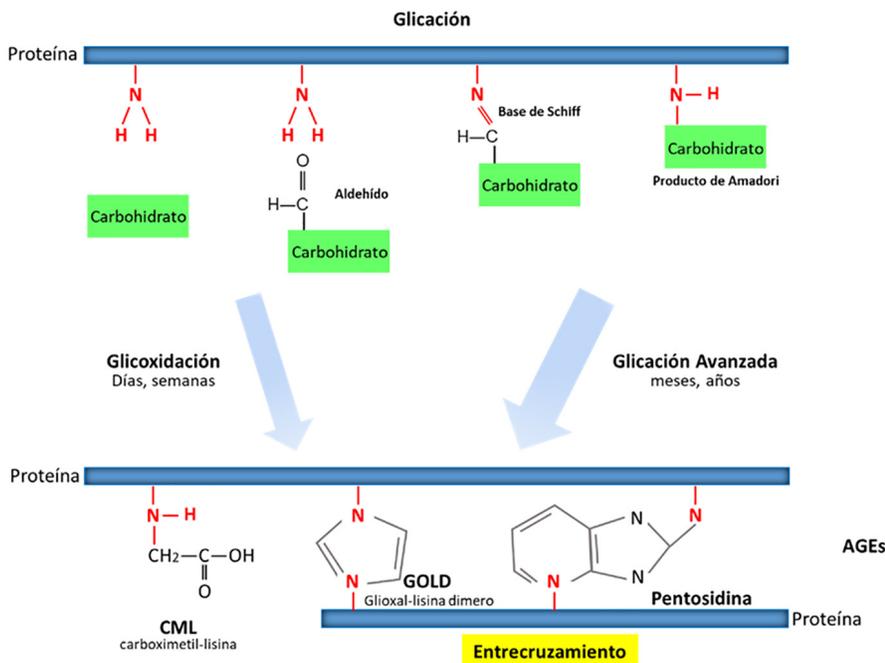


Figura 1. **Formación de AGEs.** En condiciones fisiológicas normales, existe una producción moderada de AGEs, sin embargo; en condiciones de hiperglicemia persistente donde la concentración de glucosa disponible es elevada, se acelera marcadamente la producción de éstos. El entrecruzamiento de proteínas contribuye a alteración de su estructura y función causando daño bioquímico y a su vez metabólico (modificado de Cooper, 2004).

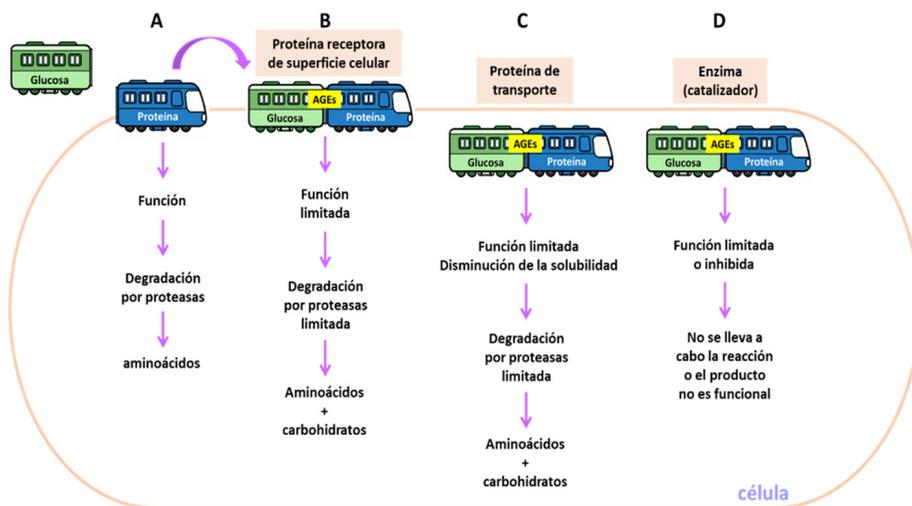


Figura 2. El efecto de los AGEs sobre las proteínas. A) La unión entre la glucosa u otro carbohidrato y una proteína da origen a los productos finales de glicación avanzada o AGEs; B) Los AGEs dificultan la función y degradación de las proteínas en la célula; C) Los AGEs generan que la solubilidad de la proteína disminuya en el citoplasma y D) Los AGEs donde la proteína es un catalizador biológico, presentan una función limitada o inhibida y en consecuencia no se lleva a cabo la reacción o el producto no es funcional (diagrama elaborado por los autores del artículo).

compuestos conocidos como *bases de Schiff* con los residuos de los aminoácidos disponibles y posteriormente sufren un reacomodo para formar *productos de Amadori*, siendo estos últimos más estables. El producto de Amadori más conocido es la hemoglobina glicosilada (HbA1c), que se utiliza como marcador de control glicémico en pacientes diabéticos. Estas reacciones son lentas, sin embargo; en presencia de estrés oxidativo y otras moléculas que aceleran la velocidad de la reacción pueden aumentar substancialmente la formación de AGEs. Así mismo, si dentro de la estructura tridimensional de las proteínas se entrelazan y/o modifican su estructura por la adición de estos AGEs, éstas se ven afectadas en la disminución de solubilidad y en su degradación (Figura 1) (Cooper, 2004; Goldin et al., 2006).

### V. ¿Cómo modifican los AGEs a las proteínas?

La estructura de una proteína, lípido o ácido desoxirribonucleico, tiene una función específica y cuando se ha cumplido con esta función, algunas estructuras son

degradadas y determinados componentes son reciclados para ser utilizados en otras funciones celulares. Pensemos que una proteína tiene una forma de una locomotora, si esta proteína interactúa con moléculas de glucosa, esta locomotora ahora se unirá a un vagón y tendrá una carga extra, la cual denominaremos AGE. Esta locomotora con un vagón, pasará por varias estaciones celulares; que interpretaremos como el paso de una membrana a otra, la llegada a un receptor extracelular, transportador de moléculas o simplemente realizará su función específica en un determinado organelo. Como la locomotora y el vagón tienen un exceso de dimensiones, su tarea se dificultará y le llevará más tiempo pasar por las estaciones celulares; se atascará, no será reconocido por otras moléculas, no llegará al lugar donde se le necesita para hacer su función o bien las proteínas encargadas de degradar otras proteínas tendrán impedimentos para fraccionar a la proteína como usualmente lo hacían (Figura 2).

Se considera que los efectos nocivos de los AGEs, se deben al

daño irreversible porque compromete la integridad estructural y funcional de las proteínas a través del entrecruzamiento dentro y fuera de la molécula. Estos entrecruzamientos con enlaces fuertes, son capaces de desactivar proteínas activas como las enzimas, la modificación las torna resistentes a la digestión por proteasas, provee zonas de reacción para la formación de especies reactivas de oxígeno, conlleva a eventos proinflamatorios, altera la señalización intracelular y contribuye a alteraciones bioquímicas y metabólicas.

### Receptores celulares para AGEs

Los AGEs tienen la capacidad de unirse a diversos receptores celulares. Los receptores celulares son proteínas que reconocen compuestos químicos específicos y generan una respuesta determinada cuando se forma el complejo receptor-molécula. El receptor RAGE, se une particularmente a AGEs, desencadenando una serie de reacciones químicas que ocasionan ambientes proinflamatorios, causando daño celular (Kang et al., 2011). Otros receptores participan en la desintoxicación de AGEs para prevenir la modificación y/o entrecruzamiento de proteínas u otras moléculas, debido a que son capaces de unirse a ellos para procesarlos intracelularmente. Mientras que el receptor AGE-R1 se une a los AGEs, esta unión, activa al receptor a través de la adición de un grupo fosfato en la zona citoplasmática del receptor, estimulando el ingreso del complejo receptor-AGE hacia el interior de la célula, formando una vesícula para transportarla a través de la célula. Posteriormente el complejo receptor-AGE es disociado. Una vez separados, el receptor puede ser transferido a la superficie celular; los endosomas con los AGEs se fusionan posteriormente con los trituradores celulares (lisosomas) para que sean degradados por las proteasas lisosomales. Después de

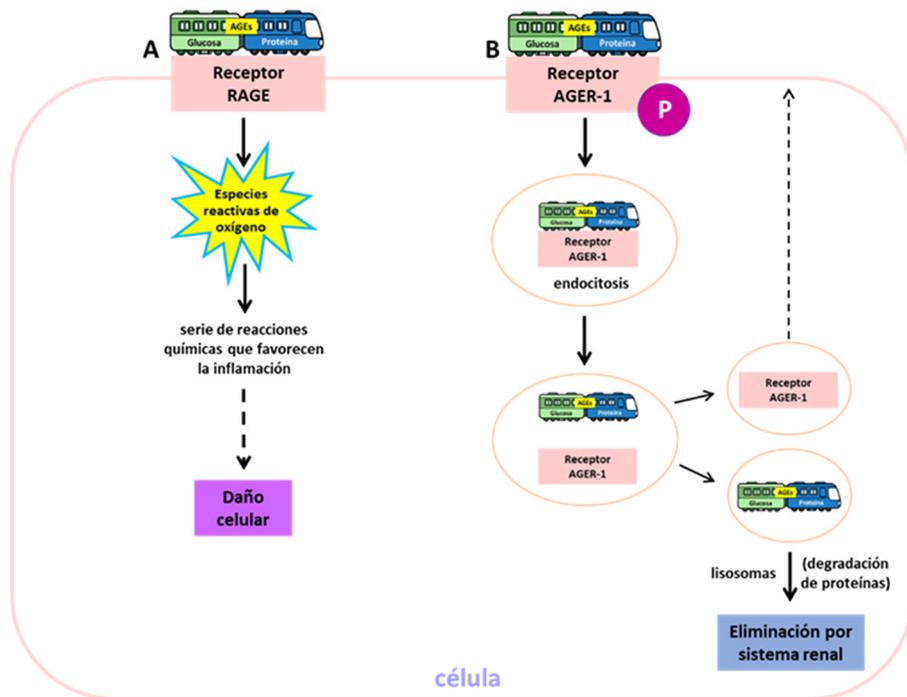


Figura 3. La unión de AGEs a receptores. A) La unión del complejo receptor RAGE-AGE induce la formación de especies reactivas de oxígeno desencadenando una serie de reacciones químicas, favoreciendo el daño celular y B) El complejo receptor AGER1-AGE, se activa por la unión de un grupo fosfato, estimulando el ingreso del complejo hacia el interior de la célula en una vesícula. Dentro del citoplasma el complejo se disocia. El receptor regresa a la superficie celular, mientras que la vesícula que transporta el AGE se fusiona con los lisosomas, donde serán degradados por proteasas (proteínas digestivas) y transportados al sistema renal para su eliminación. (diagrama elaborado por los autores).

este procesamiento, se desconoce con claridad que sucede con los pequeños péptidos solubles modificados por AGEs y como son transportados al sistema renal para ser eliminados (Ott et al., 2014) (Figura 3).

### Conclusión

La diabetes, es una enfermedad caracterizada por niveles elevados de glucosa en sangre. El daño producido por la exposición continua, prolongada, severa y súbita de la glucosa en sangre, origina un deterioro en tejidos y órganos. Molecularmente, se llevan a cabo reacciones de glicación, que ocurren de manera natural cuando se lleva a cabo el proceso de envejecimiento. Sin embargo, en condiciones de hiperglicemia debida a un mal control de la diabetes, las moléculas de glucosa interactúan con las moléculas de proteínas, lípidos y ácidos nucleicos alterando

su estructura química; donde el resultado es la formación de los productos finales de glicación avanzada (AGEs). Los AGEs dificultan la función y degradación de las proteínas, su solubilidad en el citoplasma disminuye, si se trata de una enzima, puede ser inactivada o bien, los productos de estas reacciones no serán funcionales. Los AGEs que se consumen a través de los alimentos aunados a los AGEs producidos internamente, causan daños a nivel celular por las características propias de cada molécula para ser reconocidos por receptores celulares como RAGE, que propician la formación de especies reactivas de oxígeno como radicales libres, desencadenando reacciones químicas en cadena que producen moléculas inflamatorias causando daño celular irreversible. En general, los AGEs tienen un efecto perjudicial para la salud, ya que su exposición crónica está relacionada con enfermedades

cardiovasculares, enfermedad renal, diabetes, inflamación, estrés oxidativo y envejecimiento. De esta manera, pacientes que viven con diabetes, deberán recurrir con personal de salud especializado para recibir información clara y sencilla de como tener un adecuado control glicémico mediante dieta y ejercicio.

### Referencias

Basto-Abreu, A., López-Olmedo, N., Rojas-Martínez, R., Aguilar-Salinas, C. A., Moreno-Banda, G. L., Carnalla, M., Rivera, J. A., Romero-Martínez, M., Barquera, S. y Barrientos-Gutiérrez, T (2023). Prevalencia de prediabetes y diabetes en México: Ensanut 2022. *Salud Pública de México*. 65(1):163-168. doi: 10.21149/14832

Brownlee, M. (2001). Biochemistry and molecular cell biology of diabetic complications. *Nature*. 13:813-820. doi:10.1038/414813a

Cooper, M. E. (2004). Importance of Advanced Glycation End Products in Diabetes-Associated Cardiovascular and Renal Disease. *American Journal of Hypertension*. 17(12): 31-38. doi:10.1016/j.amjhyper.2004.08.021

Evans, J. L., Goldfine, I. D., Maddux, B. A. y Grodsky, G. M. (2002). Oxidative stress and stress-activated signaling pathways: a unifying hypothesis of type 2 diabetes. *Endocrine Reviews*. 23(5):599-622. doi: 10.1210/er.2001-0039

Goldin, A., Beckman, J. A., Schmidt, A. M. y Creager, M. A. (2006). Advanced Glycation End Products. *Sparkling the Development of Diabetic Vascular Injury*. *Circulation*. 114(6):597- 605. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.106.621854

Hegab, Z., Gibbons, S., Neyses y Mamas, A. (2012). Role of advanced glycation end products in cardiovascular disease. *World Journal Cardiology*. 4(4): 90-102. doi:10.4330/wjc.v4.i4.

Kang, R., Tang, D., Lotze, M. T. y Zeh, H. J. (2011). RAGE regulates autophagy and apoptosis following oxidative injury. *Autophagy*. 7(4):442-444. doi:0.4161/auto.7.4.14681

Koschinsky, T., He, C. J., Mitsuhashi, T., Bucala, R., Liu, C., Buenting, C., Heitmann, K y Vlassara, H. (1997). Orally absorbed reactive glycation products (glycotoxins): An environmental risk factor in diabetic nephropathy. *PNAS*. 94:6474-6479. doi: 10.1073/pnas.94.12.6474

Ott, C., Jacobs, K., Haucke, E., Navarrete-Santos, A., Grune, T. y Simm, A. (2014). Role of advanced glycation end products in cellular signaling. *Redox Biology*. 2: 411-429. doi:10.1016/j.redox.2013.12.016

Uribarri, J., Cai, W., Pyzik, R., Goodman, S., Chen, X., Zhu, L., Ramdas, M., Striker, G. E. y Vlassara, H. (2014). Suppression of native defense mechanisms, SIRT1 and PPAR $\alpha$ , by dietary glycoxidants precedes disease in adult humans; relevance to lifestyle-engendered

# Entre hormonas y fertilidad: hablemos del rol de la insulina

## Between hormones and fertility: let's talk about the role of insulin

Mayra García Mondragón<sup>1</sup>, Ana Gabriela Campos Arroyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Capacitaciones en Nutrición Clínico Deportivo, IINED.

<sup>2</sup> Facultad de Químico-Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México.  
Contacto: ana.campos@umich.mx

**Resumen.** Uno de los principales motivos de consulta son los problemas de fertilidad. Dentro de las causas y patologías más comunes para que una mujer logre quedar embarazada se encuentran: la obesidad, diabetes mellitus tipo II (DM2), la resistencia a la insulina (RI), la incapacidad para ovular, problemas estructurales del sistema reproductivo, infecciones, incapacidad del óvulo para madurar correctamente, falla en la implantación y trastornos autoinmunes. Es necesario identificar dichos factores y establecer estrategias para su atención e incluso la prevención. Actualmente existe evidencia científica de la relación existente entre la resistencia a la insulina y la infertilidad. La resistencia a la insulina se considera una de las principales causas de los problemas de infertilidad.

**Palabras clave:** fertilidad, infertilidad, resistencia a la insulina.

**Abstract.** One of the main reasons for consultation is fertility problems. Among the most common causes and pathologies for a woman to get pregnant are: obesity, type II diabetes mellitus (DM2), insulin resistance (IR), inability to ovulate, structural problems of the reproductive system, infections, inability of the egg to mature correctly, implantation failure and autoimmune disorders. It is necessary to identify these factors and establish strategies for their attention and even prevention. There is currently scientific evidence of the relationship between insulin resistance and infertility. Insulin resistance is considered one of the main causes of infertility problems.

**Key words:** fertility, infertility, insulin resistance.

### Introducción

La resistencia a la insulina se puede definir como una respuesta biológica alterada donde los órganos y tejidos principales como el hígado, los músculos y el tejido adiposo no responden a la estimulación de la

hormona insulina. Esta respuesta alterada provoca que el cuerpo no pueda absorber glucosa de manera correcta, generando a largo plazo un proceso denominado como hiperinsulinemia compensatoria (niveles elevados de insulina en sangre, insulina sérica >15 mU/mL). Además, la RI constituye principalmente una condición

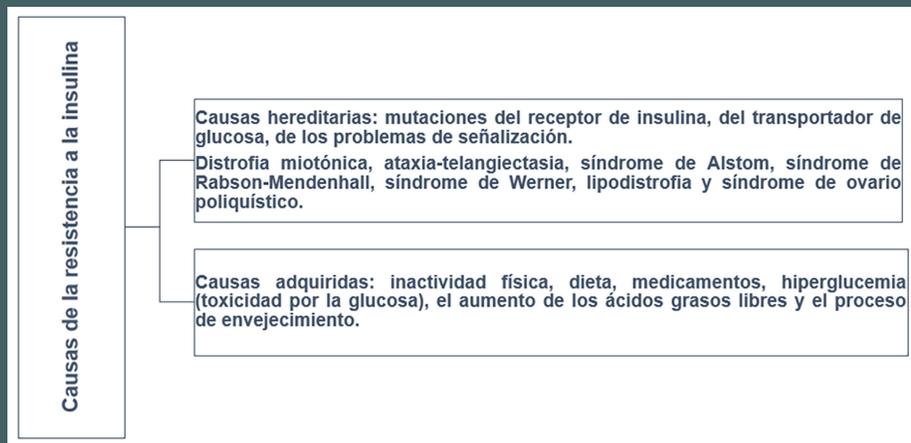


Diagrama 1. *Etiología de la resistencia a la insulina*  
Adaptado de Freeman *et al.* (2023) y Olátunbosun (2020).

adquirida relacionada con el exceso de grasa corporal, aunque su etiología también puede ser hereditaria o mixta (Diagrama 1). Asimismo, contribuye al desarrollo de condiciones como la DM2, síndrome metabólico (SM), hipertensión arterial, dislipidemia, disfunción endotelial, alteraciones en la ovulación, entre otras (OPS, 2018; Yaribeygi *et al.*, 2019).

Por otro lado, se ha observado que, en la mujer, la RI provoca disfunción ovulatoria y alteración en la calidad de los óvulos, aumentando la producción de testosterona y la incapacidad del endometrio para adherir con éxito al embrión y lograr el embarazo, por lo que es una causa cada vez más habitual de infertilidad, en donde una de cada seis mujeres adultas (17.5%) la presentan (IGIN, 2021; OMS, 2023a).

### Infertilidad femenina

La infertilidad es la incapacidad de una pareja de conseguir o completar un embarazo de forma espontánea después de un año de mantener relaciones sexuales sin medidas anticonceptivas o seis meses después si la mujer tiene más de 35 años. Aproximadamente un 12 % de las mujeres se convierten en infértiles después de un aborto, casi un 25 % después de dos y casi un 50 % después de tres. Lo que conlleva a repercusiones psicológicas, físicas, mentales, espirituales, económicas y médicas (NIH, 2020; González *et al.*, 2018; OMS, 2023b).

Walker y Tobler (2022) mencionan algunos factores que se pueden identificar para la infertilidad femenina como: presentar hiperprolactinemia (7%), adherencias pélvicas (12%), el boqueo de trompas de falopio (11%), obstrucción tubárica (11%), presentar endometriosis (15%) y los trastornos de ovulación (25%), entre ellos la oligoovulación (ovulación irregular) o anovulación (ausencia de ovulación). Así mismo se han clasificado a los trastornos ovulatorios en 4 clases: amenorrea o ausencia de menstruación de afección hipotalámica, por causa de síndrome de ovario poliquístico (SOP), por una insuficiencia ovárica prematura y por la presencia de adenoma hipofisario.

### Infertilidad y resistencia a la insulina

Particularmente la RI reduce la función de las mitocondrias, generando un ambiente de alto estrés oxidativo,

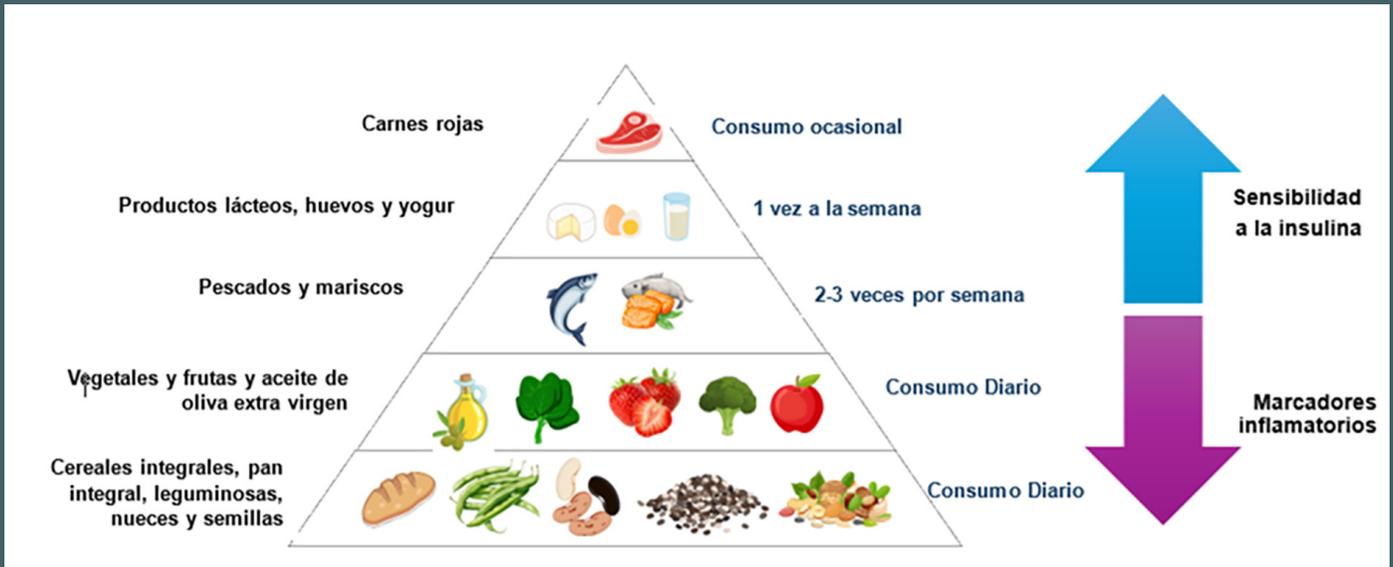


Diagrama 2. Patrón alimentario mediterráneo para RI y la fertilidad femenina  
Adaptado de Merra *et al.* (2021) y Sood *et al.* (2022).

además de un proceso de inflamación, en donde se induce la liberación de factores inflamatorios. Entre los más conocidos se encuentran el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ), interleucina 1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ) y la interleucina 16 (IL-6). Las cuales son sustancias pro inflamatorias responsables de alterar la función de las células  $\beta$  del páncreas y por consiguiente la secreción de insulina (Zhu *et al.*, 2016; Yaribeyg *et al.*, 2019).

Los niveles elevados de insulina (hiperinsulinemia) altera el microambiente intrafolicular durante la foliculogénesis (proceso de crecimiento y maduración del folículo ovárico) y reduce así el potencial de desarrollo embrionario durante los ciclos de estimulación natural y ovárica (Wang *et al.*, 2021). El deterioro de la calidad de los ovocitos es una de las principales causas del deterioro reproductivo en la mujer y es dependiente de la edad y además de la vía señalización de insulina y el factor de crecimiento similar a la insulina 1, esta vía si se ve alterada como sucede con el RI disminuye la calidad de los óvulos siendo causante de acelerar el envejecimiento de los mismos (Templeman *et al.*, 2018).

Por otro lado, estudios como los de Al-Jefout *et al.* (2017) han observado que el aumento de peso se correlaciona con RI. Así mismo, se ha reportado que las mujeres con índice de masa corporal (IMC) por arriba de 25 kg/m<sup>2</sup> presentan anovulación significativamente mayor en comparación con las mujeres con un IMC normal, siendo parte de la causa de

mayor frecuencia de trastornos menstruales, infertilidad, diabetes gestacional y otras secuelas importantes.

Otro aspecto importante, es que una vez que se inicia la RI, esta provoca una hiperinsulinemia, alterando el equilibrio entre dos hormonas que participan en el desarrollo de los óvulos, la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH). Esta alteración induce una respuesta temprana que afecta la maduración correcta de los folículos ováricos que son de donde emergen los óvulos, de esta forma la hiperinsulinemia provoca anovulación, también este exceso de insulina provoca valores elevados de andrógenos (hiperandrogenemia) (Karnatak *et al.*, 2022).

#### Estrategias de tratamiento para la resistencia a la insulina

Existen tratamientos farmacológicos y no farmacológicos para el manejo de la resistencia a la insulina. Dentro del tratamiento farmacológico se encuentra el uso de la metformina, la cual disminuye los niveles de glucosa e insulina en sangre, así como también puede regular la ovulación, particularmente en mujeres que padecen síndrome de ovario poliquístico (Attia *et al.*, 2023).

Dentro del tratamiento no farmacológico se encuentra el control de peso y la actividad física. Se ha observado que la reducción de peso mejora la función reproductiva en mujeres infértiles

con sobrepeso y obesidad, el perder del 5 al 10% del peso corporal puede mejorar los niveles de glucosa en sangre y la resistencia a la insulina y así mejorar el ciclo menstrual y la ovulación (Benítez *et al.*, 2019).

En términos de dieta saludable, se debe alentar a los pacientes a reducir la ingesta de grasas saturadas y carbohidratos refinados y aumentar la ingesta de alimentos ricos en proteínas, lo que puede aumentar la saciedad de los pacientes y mejorar la sensibilidad a la insulina. (Papadakis *et al.*, 2020). Por su parte, una mayor ingesta de fibra dietética, ácidos grasos omega-3, proteínas de origen vegetal, vitaminas y minerales favorecen una mejor tolerancia a la glucosa y también tiene un impacto positivo en la fertilidad femenina (Skoracka *et al.*, 2021).

Actualmente, en la práctica clínica uno de los patrones alimentarios que se ha relacionado a mejorar la resistencia a la insulina y mejorar la fertilidad y calidad de lo ovocitos, es la "Dieta mediterránea", un patrón basado en plantas, donde se deben consumir en una proporción adecuada ciertos alimentos (Diagrama 2). Sus nutrientes claves, favorecen la sensibilidad a la insulina y mejoran la fertilidad, algunos de estos nutrientes lo son el omega 3 que genera un ambiente uterino antiinflamatorio, el resveratrol que funciona como un potente antioxidante además de reducir o equilibrar la síntesis de andrógenos y su alto contenido de polifenoles que

retardan la progresión del estado inflamatorio y mejorar tanto la sensibilidad a la insulina como la hiperinsulinemia compensatoria (Che *et al.*, 2021).

## Conclusión

La infertilidad es un problema cada vez mayor que afecta a las parejas que intentan quedar embarazadas. La resistencia a la insulina es una causa relativamente común de infertilidad femenina, particularmente entre personas con sobrepeso influyendo en la calidad de los ovocitos y el éxito de la implantación del feto, generando un ambiente de inflamación y estrés oxidativo alrededor de los probables óvulos que pudiera tener la mujer, por lo que en este es importante tratar la RI en mujeres para que tengan más probabilidades de un embarazo.

Es de suma importancia el tratamiento multidisciplinario en mujeres con RI. Este incluye el uso de fármacos como la metformina y modificaciones en el estilo de vida. Una alimentación saludable, el control de peso y la actividad física pueden contribuir al manejo y control de la RI.

## Referencias

Al-Jefout, M., Alnawaiseh, N., y Al-Oqtatit, A. (2017). Insulin resistance and obesity among infertile women with different polycystic ovary syndrome phenotypes. *Scientific reports*, 7(1), 5339. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05717-y>

Attia, G. M., Almouteri, M. M., y Alnakhli, F. T. (2023). Role of Metformin in Polycystic Ovary Syndrome (PCOS)-Related Infertility. *Cureus*, 15(8), e44493. <https://doi.org/10.7759/cureus.44493>

Benítez, Y., Campos, N., Albán, J. y Molina, R. (2019). Efectos de la obesidad en la reproducción humana femenina. *Revista científica de investigación actualización del mundo de las ciencias*. 3(3), 34-46. <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/265/525>

Che, X., Chen, Z., Liu, M., y Mo, Z. (2021). Dietary Interventions: A Promising Treatment for Polycystic Ovary Syndrome. *Annals of nutrition & metabolism*, 77(6), 313-323. <https://doi.org/10.1159/000519302>

Freemam, A.M., Acevedo, L.A. y Pennings, N. (2023). Insulin Resistance. In: StatPearls [Internet]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507839/>

González-Rodríguez, L.G., López-Sobaler, A.M., Perea Sánchez, J.M. y Ortega RM. (2018). Nutrición y fertilidad. *Nutr Hosp* 35(6):7-10. <http://dx.doi.org/10.20960/nh.2279>

IGIN. (2021). Resistencia a la insulina: impacto en la fertilidad y tratamiento. <https://www.institutoigin.com/es/elinstituto/noticias-es/245-resistencia-a-la-insulina-impacto-en-la-fertilidad-y-tratamiento>

Karnatak, R., Agarwal, A., Asnani, M., y Singh, R. (2022). The Effect of Insulin Resistance on Ovulation Induction With Clomiphene Citrate in Non-polycystic Ovary Syndrome (PCOS) Women. *Cureus*, 14(7), e27433. <https://doi.org/10.7759/cureus.27433>

Merra, G., Noce, A., Marrone, G., Cintoni, M., Tarsitano, M.G., Capacci, A. y De Lorenzo, A. (2021). Influence of Mediterranean Diet on Human Gut Microbiota. *Nutrients*; 13(1):7. <https://doi.org/10.3390/nu13010007>

National Institutes of Health [NIH]. (2020). Infertilidad y fertilidad. <https://espanol.nichd.nih.gov/salud/temas/infertility>

Olatunbosun, S. (2020). Insulin Resistance. *Medscape*. <https://emedicine.medscape.com/article/122501-overview?form=fpf>

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2023a). La OMS alerta de que una de cada seis personas padece infertilidad. <https://www.who.int/es/news/item/04-04-2023-1-in-6-people-globally-affected-by-infertility>

OMS. (2023b). Fertilidad. [https://www.who.int/es/health-topics/infertility#tab=tab\\_](https://www.who.int/es/health-topics/infertility#tab=tab_)

Organización panamericana de la salud [OPS]. (2018). Deficiencia de acción insulina. <https://www3.paho.org/relacsis/index.php/es/foro-s-relacsis/foro-becker-fci-oms/61-foros/consultas-becker/902-deficiencia-de-accion-insulina/>

Papadakis, E., Sarigianni, M., Tziomalos, K., Mavromatidis, G. y Panidis, D. (2020). Los anticonceptivos orales aumentan los niveles de micropartículas plaquetarias en mujeres de peso normal con síndrome de ovario poliquístico. *Hormonas (Atenas)*, 19 :565-71. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42000-020-00182-1>

Skoracka, K., Ratajczak, A. E., Rychter, A. M., Dobrowolska, A., y Krela-Kaźmierczak, I. (2021). Female Fertility and the Nutritional Approach: The Most Essential Aspects. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 12(6), 2372-2386. <https://doi.org/10.1093/advances/nmab068>

Sood, S., Feehan, J., Itsiopoulos, C., Wilson, K., Plebanski, M., Scott, D., Hebert, J.R., Shivappa, N., Mousa, A., George, E.S. y Courten, B. (2022). Higher Adherence to a Mediterranean Diet Is Associated with Improved Insulin Sensitivity and Selected Markers of Inflammation in Individuals Who Are Overweight and Obese without Diabetes. *Nutrients*; 14(20):4437. <https://doi.org/10.3390/nu14204437>

Templeman, N. M., Luo, S., Kaletsky, R., Shi, C., Ashraf, J., Keyes, W., y Murphy, C. T. (2018). Insulin Signaling Regulates Oocyte Quality Maintenance with Age via Cathepsin B Activity. *Current biology: CB*, 28(5), 753-760.e4. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.01.052>

Walker, M. H., y Tobler, K. J. (2022). Female Infertility. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

Wang, H., Zhang, Y., Fang, X., Kwak-Kim, J., y Wu, L. (2021). Insulin Resistance Adversely Affect IVF Outcomes in Lean Women Without PCOS. *Frontiers in endocrinology*, 12, 734638. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.734638>

Yaribeygi, H., Farrokhi, F. R., Butler, A. E., y Sahebkar, A. (2019). Insulin resistance: Review of the underlying molecular mechanisms. *Journal of cellular physiology*, 234(6), 8152-8161. <https://doi.org/10.1002/jcp.27603>

Zhu, Q., Zuo, R., He, Y., Wang, Y., Chen, Z. J., Sun, Y., y Sun, K. (2016). Local Regeneration of Cortisol by 11 $\beta$ -HSD1 Contributes to Insulin Resistance of the Granulosa Cells in PCOS. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 101(5), 2168-2177. <https://doi.org/10.1210/jc.2015-3899>

## La realidad

Es innegable que, en la actualidad, las personas estamos expuestas en gran cantidad de tiempo a pantallas digitales, ya que los dispositivos móviles son parte de nuestra cotidianidad y cumplen la función fundamental de mantenernos comunicados desde cualquier parte del mundo, pues gracias a ellas el contacto es más rápido y sencillo, además de que es posible llevar a cabo acciones diarias en el ámbito familiar, educativo, laboral y social a diferencia de décadas anteriores. Aunque, dichas pantallas también han traído repercusiones negativas en nuestra vida específicamente en la forma en que afecta a nuestros sentidos y a nivel neuronal.

Por otra parte, el Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), está catalogado como un trastorno del neurodesarrollo que presenta como síntomas: la inatención, hiperactividad e impulsividad; de las cuales derivan las dificultades para planificar, organizar y reflexionar sobre las consecuencias de una acción, los procesos relacionados a la motivación y recompensa, así como la capacidad de introspección y conciencia de sí mismo. Dicho trastorno tiene un origen biológico y varios actores genéticos y ambientales que contribuyen en su desarrollo, (Rusca-Jordán y Cortez-Vergara, 2020).

Es importante dejar en claro que el origen del TDAH es un aspecto biológico, en el cual intervienen factores externos ambientales que aumentan o disminuyen las situaciones a las cuales las personas se enfrenta, tal como lo puede ser el entorno familiar, los estímulos emocionales, la presencia o ausencia de terapia psicológica y auxiliares farmacéuticos (solamente en los casos que lo requiere previamente recetados por un especialista en el área).

De acuerdo con los datos recolectados por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) a través de los Centros de Atención Múltiple (CAM) y Unidades de Servicios de Apoyo a la Educación Regular (USAER) en el nivel de educación básico, entre los ciclos

# La exposición a pantallas digitales y su impacto en niños y adolescentes con el Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad

## *Exposure to digital screens and its impact on children and adolescents with Attention Deficit Hyperactivity Disorder*

Claudia Acuña Neave

Departamento de Idiomas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México  
Contacto: 1832220x@umich.mx

**Resumen.** El uso de dispositivos móviles es de suma importancia en el día a día, de tal forma que parecieran incluso estar adheridos a nuestro cuerpo, pues nos ayudan a comunicarnos con quienes no están presentes de forma física frente a nosotros, pero a su vez fomentan que nuestra atención se centre en una situación ajena al momento. Por ello, las repercusiones en las personas que padecen TDAH, pueden estar relacionadas al tiempo excesivo a la exposición a pantallas digitales, influyendo en acciones de su vida cotidiana de manera negativa o en el ámbito cognitivo, conductual y emocional tanto a nivel personal y social, de ahí que sea importante saber cuánto es favorable para las personas utilizar las pantallas electrónicas, así como el contenido multimedia (videos, audios, videojuegos, programas de televisión, etc.) a los que accede.

**Palabras clave:** Pantallas digitales, Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), videojuegos.

**Abstract.** Using mobile devices is pretty important day after day, in such a way they seem to be adhered to our body, due to them helping us to communicate with those who are not present physically in front of us, but at the same time encouraging that our attention is focused in a situation alien at the moment. For this reason, the repercussions in the people who have ADHD, can be related with the excessive time to the exposure to digital screens, influencing in daily life actions in negative mood, in the field of cognitive, behavioral and emotional areas both in personal or social level, this is the reason why is important to know how much is favorable to the people use electronic screens, and the multimedia content (videos, audios, video games, TV shows, etc.) that access.

**Key words:** Digital screens, Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD), videogames.

cuando confiamos en que podremos tener acceso a internet con mayor facilidad y hacer uso de ellos como una necesidad o recreativamente. De igual forma, es la manera más común de amenizar o hacer más llevadera alguna situación por la que no deseamos estar presentes como un tiempo de espera o reunión desagradable, pues casi siempre estará a nuestro alcance algún mensaje sin responder de cualquier red social, un video o audio que no habíamos reproducido antes o algún videojuego que nos entretenga.

El tiempo excesivo en medios digitales (televisión, internet y videojuegos) se asocia a mayores problemas de atención, principalmente en niños y adolescentes, además de que, para el usuario al exponerse a rápidos cambios de fotogramas, ocasiona que se vuelva menos tolerante al proceso de educación por perder la capacidad de mantener la concentración, emoción y sensibilización por obtener una recompensa, (Peñañiel, et al., 2016).

En la evolución de los diseños de programas de televisión y videojuegos se identifica el uso cada vez mayor de colores, movimientos de imágenes muy rápidos, con audios que complementan la experiencia sumando estímulos a la situación que observamos a través de una pantalla, provocando que nuestra atención se desvíe atendiendo de manera incompleta los estímulos a los que se nos llama y a su vez ocasionando que no se centre la misma atención en un solo estímulo, traspasando dicho suceso a nuestro día a día de manera negativa.

### TDAH y videojuegos

Una de las críticas sociales negativas que comenzó a partir de los años 80's, fue como los dispositivos tecnológicos,

### Alumnos con Trastorno de Déficit de Atención a nivel de Educación Básica

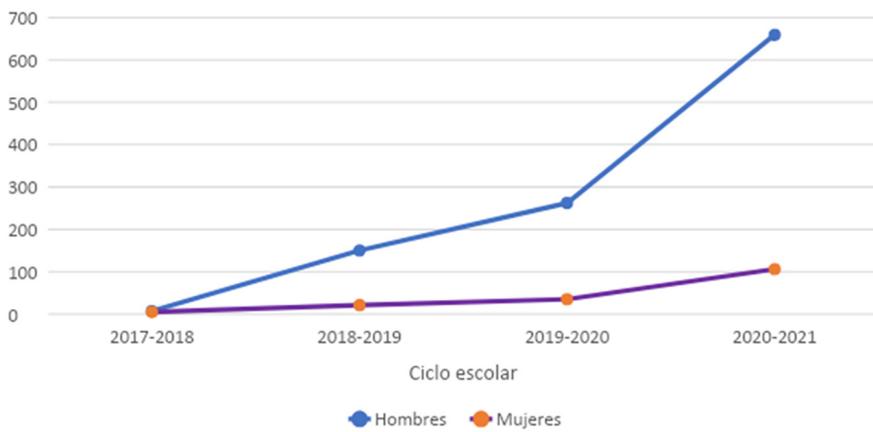


Figura 1. Elaboración propia con base en los datos recolectados por el INEGI a través de los CAM y las USAER en el nivel de educación básica.

escolares desde 2017-2018 hasta el 2020-2021 se muestra un aumento en el número de alumnos que presenta TDAH. (Figura 1).

### Los cambios paulatinos

Gracias a los avances tecnológicos, es posible llevar nuestros dispositivos a cualquier lugar y momento, sobre todo

## Participantes en los instrumentos de diagnóstico de TDAH

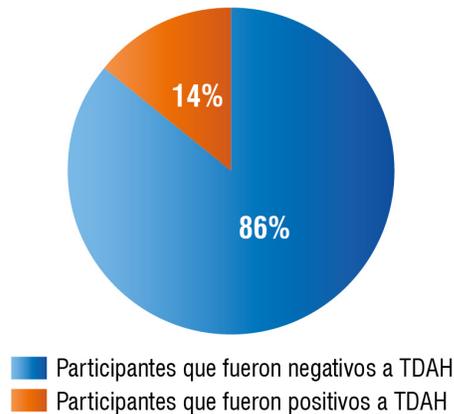


Figura 2. Elaboración propia.

## Asociación entre el diagnóstico de TDAH y la posible adicción a los videojuegos

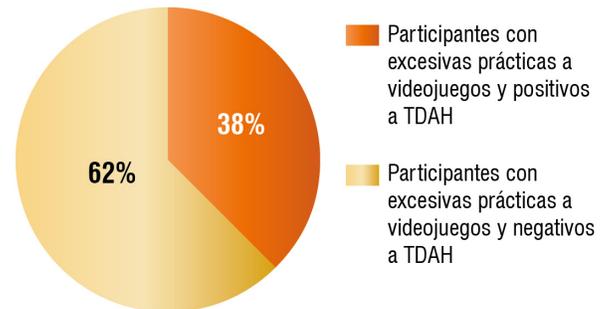


Figura 3. Elaboración propia.

principalmente la televisión y los videojuegos repercutían de manera psicológica, social, médica, educativa e incluso conductual en las personas (principalmente en los niños quienes crecieron a partir de dicha década) dado que la exposición en ese momento se consideraba excesiva, pues se hacía uso de los aparatos móviles por varias horas continuas, principalmente por la tarde. Sin embargo, en la actualidad, al poder llevar nuestros dispositivos a todos lados, sin estar precisamente conectado a una corriente de luz, ha aumentado la cantidad de horas totales a las cuales tenemos acceso a ellos, ya que incluso es posible utilizarlos cuando nos trasladamos de un lugar a otro.

De acuerdo con Andrade (2021), las personas con TDAH pueden llegar a ser más propensos a adquirir una adicción a los videojuegos por las dificultades que presentan para la gestión de tiempo y la priorización de actividades. Por una parte, la impulsividad como una característica de dicho trastorno puede producir un juego vicioso, en el que a causa de alcanzar logros y el apoyo social que un videojuego puede llegar a ofrecer, teniendo repercusiones negativas en la vida cotidiana; de la mano, la necesidad de estímulos y recompensas (como llegar a una meta u obtener una puntuación) también produce una sensación de satisfacción en el usuario, ocasionando cambios de ánimo constantes ante la gratificación y frustración, produciendo una disfunción entre el sistema de activación y esfuerzo en relación con el funcionamiento experiencias satisfactorias.

En 2015, fue publicado un estudio analítico que tenía como propósito

analizar la sintomatología en adolescentes y jóvenes para compararlo con la adicción al juego, agresividad y rendimiento académico. Participaron en dicho caso, 720 estudiantes de los cuales el 14.17% (111 participantes) de ellos fueron positivos a TDAH en los instrumentos Wender Utah Rating Scale y Adult ADHD Self-Report Scale. (Figura 2) (Quiroz, 2023).

Aunado al estudio de investigación anterior, el 37.5% de los participantes que tuvieron excesivas prácticas de videojuegos de acuerdo definido con el instrumento DSM-IV, además de presentar positivo a TDAH en ambos instrumentos de diagnóstico previamente mencionados; demostrando así la asociación entre el diagnóstico del TDAH y probable adicción a los videojuegos, principalmente en adolescentes. (Figura 3), (Quiroz, 2023).

### Conclusión

El origen del padecimiento del TDAH es de carácter biológico, por lo que la exposición a pantallas (celular, computadora, tabletas, televisión, etc.) no es la razón de su adquisición, pero sí son un factor de suma importancia dado que influye a los niveles de atención del usuario, pues para atender lo mostrado en pantalla, debe dispersar su concentración en diferentes estímulos, ocasionando que no se centre en uno solo, repercutiendo a su vez en el rendimiento académico del niño o adolescente por el mismo factor; de igual manera, repercute en su comportamiento pues es llegan a

promover o aumentar la impulsividad y depende del contenido multimedia al que se tiene acceso, puede influir en generar conductas violentas en el menor de edad.

Los niños y adolescentes con TDAH son más propensos a adquirir una adicción a la exposición a pantallas digitales a causa de las características propias de trastorno, pues son personas que, a causa de las dificultades para organización, la necesidad de mantenerse ocupados y la pronta motivación o recompensa genera una constante de estar frente a los dispositivos móviles sin tener noción del tiempo y cómo esto repercute en sí mismo.

Dado que, en la actualidad, existe la real necesidad de utilizar dispositivos móviles, estos no deben tener una prohibición rotunda para los niños o adolescentes, a menos que exista un fundamento médico que lo indique o que establezca claramente el motivo de ello, por lo anterior es importante seguir un tratamiento neuropsicológico para conocer en qué medida y tiempo emplearlas de manera particular en el individuo. Es responsabilidad de los tutores monitorear a qué contenidos está expuesto el menor de edad y el tiempo frente a las pantallas digitales, con el objetivo de que sea un momento de provecho y aprendizaje.

De manera particular, la exposición a videojuegos por niños o adolescentes con TDAH, puede ser de provecho, siempre y cuando los contenidos sean favorables en cuanto a los logros a

obtener y visualmente adecuados (sin exceso de estímulos) para el usuario, además de que promuevan una sana socialización dentro y fuera de la realidad virtual, evitando videojuegos que promuevan los diversos tipos de violencia.

A modo de sugerencia, el tiempo al que el menor de edad está expuesto a las pantallas digitales reduce al tiempo que puede invertir realizando actividades que ayuden a contrarrestar sus áreas de oportunidad y fomentar su desarrollo íntegro, como leer un libro, practicar algún deporte, acudir a actividades artísticas o culturales, momentos de socialización, o incluso repasar los contenidos abordado en la escuela.

## Referencias

- Andrade, A. (2021). *Relación entre el TDAH y la adicción a los videojuegos: Una revisión sistemática*. [Trabajo de Fin de Grado de Psicología, Universidad de La Laguna] [https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/24621/Relacion entre el TDAH y la Adiccion a los videojuegos Una Revisión Sistemática .pdf? sequence=1 &isAllowed=y](https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/24621/Relacion%20entre%20el%20TDAH%20y%20la%20Adiccion%20a%20los%20videojuegos%20Una%20Revision%20Sistematica.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021). *Alumnos con discapacidades, dificultades, trastornos, aptitudes sobresalientes u otras condiciones en la modalidad escolarizada de educación básica por nivel educativo y condición del alumno según sexo*. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/ar/easgeograficas/infxentidad/Mor/2019/06/6.28.xls>, <https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/ar/easgeograficas/infxentidad/QRoo/2021/06/6.11.xls>, <https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/ar/easgeograficas/infxentidad/Mor/2020/06/6.35.xls>
- Peñafiel, M. A., Herrera, S., Ferreccio, F. y David, P. (2016). El uso de pantallas en pediatría y su influencia en el trastorno de déficit de atencional. *Revista Chilena de Psiquiatría y Neurología de la Infancia y la Adolescencia*, 27(2), 72-77. [https://docs.bvsalud.org/biblioref/2023/01/1413339/revista-sopnia\\_2016-2-72-77.pdf](https://docs.bvsalud.org/biblioref/2023/01/1413339/revista-sopnia_2016-2-72-77.pdf)
- Quiroz, I. (2023). *Asociación entre sospecha del trastorno de déficit de atención con hiperactividad y adicción a videojuegos en estudiantes de secundaria de un colegio de Sullana*. [Tesis para obtener el título profesional de Médico Cirujano, Universidad César Vallejo]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/133358/Quiroz\\_CIJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/133358/Quiroz_CIJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rusca-Jordán, F. y Cortez-Vergara, C. (2020). Trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) en niños y adolescentes. Una revisión clínica. *Revista de Neuro-Psiquiatría*, 88(3), 148-153. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-85972020000300148](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-85972020000300148)

# El Mieloma Múltiple y su diagnóstico oportuno usando criterios “CRAB”

## *Multiple Myeloma and its timely diagnosis using “CRAB” criteria*

José Gustavo Santoyo Orozco

Escuela de Medicina, Universidad Anáhuac Mayab. Mérida, Yucatán, México.  
Contacto: jose.santoyo@anahuac.mx

**Resumen.** Dentro de los diversos retos que se tiene como médico general de primer nivel de atención, hay uno en el cual diagnóstico oportuno y el saber referir al paciente con un especialista (en este caso, al servicio de Hematología), puede ayudar a extender el tiempo de vida de dichos pacientes. La enfermedad hematológica conocida como Mieloma Múltiple (MM), es un tipo de cáncer hematológico en donde la principal célula suele estar afectada por mutaciones en los cromosomas 4, 14 y 16 en la célula plasmática. Este tipo de cáncer tiene las particularidades de causar anemia, dolor óseo, fracturas por lesiones líticas, astenia, facie hipocrática, además de otros síntomas que llevan a los pacientes a tener una baja calidad de vida. Dentro de este artículo se propone un esquema eficaz y preciso (CRAB) acerca de cómo diagnosticar de forma acertada a un paciente con mieloma múltiple siendo médico general de primer nivel de atención.

**Palabras Clave:** Cáncer, células plasmáticas, inmunoglobulinas.

**Abstract.** Among the various challenges faced as a primary care general practitioner, there is one in which timely diagnosis and knowing how to refer the patient to a specialist (in this case, to the Hematology service), can help extend the time of life of said patients. The hematological disease known as Multiple Myeloma (MM), also known as “The only incurable cancer”, is a type of hematological cancer where the main cell is usually affected by mutations in chromosomes 4, 14 and 16 in the plasma cell. This type of cancer has the peculiarities of causing anemia, bone pain, fractures due to lytic lesions, fatigue, skull facies, in addition to other symptoms that lead patients to have a low quality of life. This article proposes an effective and precise scheme on how to correctly diagnose a patient with multiple myeloma as a primary care general practitioner.

**Keywords:** Cancer, plasmatic cells, immunoglobulins.

## Introducción

El Mieloma múltiple (MM) es un cáncer hematológico con características muy particulares, algunas de estas características van desde anemia (que es la disminución de masa eritrocitaria) y astenia, hasta fracturas óseas y pérdida de peso menor o igual a 5% en un periodo de 6 meses. Hablando acerca de la etiología o causas de la enfermedad del MM no se tiene certeza respecto a las causas específicas, aunque los pacientes que presentan MM frecuentemente tienen alteraciones y translocaciones (cambios de posición) en genes que codifican para promotores localizados en los cromosomas 4, 14 y 16. Los oncogenes (Un oncogén es un gen que tuvo una mutación y potencialmente puede derivar en cáncer) NRAS, KRAS y BRAF llegan a tener una participación importante en la proliferación de células plasmáticas e incluso otros factores de riesgo como obesidad, consumo de alcohol, causas ambientales como el estar expuesto a insecticidas, solventes

orgánicos, herbicidas como el agente naranja y exposición a radiación (Robiou du Pont et al., 2017).

El mieloma múltiple tiene más predominio en la población mayor a 70 años con una prevalencia mayor en hombres que en mujeres (relación 1.4:1) y más en la población Afroamericana y Afrodescendiente. Con respecto a la población mexicana, se conoce que la tasa de incidencia del MM es de 1.15 por cada 100,000 habitantes, aunque representa el 1% de carga de cánceres, la prevalencia aumenta conforme la población se acerca a la octava década de edad (Ramiro Espinoza-Zamora et al., 2020). En este trabajo revisamos la importancia de tener un diagnóstico oportuno usando los criterios “CRAB”, los cuales pueden ser usados en un primer nivel de atención.

## Fisiopatología del MM.

En la actualidad se tienen 2 teorías acerca de la fisiopatología del MM. La

primera teoría indica que todo comienza con un grupo células plasmáticas (estas células son las responsables de sintetizar anticuerpos cuando hay una infección en el cuerpo humano) clonales premalignas y asintomáticas llamadas Gammapatía monoclonal de significado incierto (GMSI), que son inmunoglobulinas monoclonales presentes en sangre u orina sin evidencia de lesión en algún órgano terminal y que pueden dar un riesgo de MM de 1% por año. La segunda teoría nos indica que debido al incremento en la función de secuencias promotoras y resistencia a apoptosis (lesiones citogenéticas), esto lleva a una mayor proliferación de células plasmáticas comenzando desde una sola célula plasmática original.

Independientemente de la teoría, una vez que hay un exceso de células plasmáticas malignas el paciente tendrá síntomas de lesión renal a raíz de las Proteínas de Bence Jones (proteínas mal plegadas que se depositan en riñón causando toxicidad tubular, inflamación en células tubulares e intersticio y disfunción hemodinámica traducida en menor flujo sanguíneo renal, causando así isquemia y por último falla renal).

Así mismo también se ha observado que las células de mieloma promueven la síntesis de citocinas e interleucinas que provocan hemólisis (degradación de eritrocitos) llevando al paciente a presentar anemia, fatiga, pérdida de peso, trombocitopenia (disminución del recuento plaquetario), sangrados, facie hipocrática y leucopenia (disminución del conteo de leucocitos), además de que las células de mieloma (células plasmáticas malignas) tienen una interacción muy específica con las células óseas (Figura 1). Se conoce en la actualidad que una de las principales causas de la actividad osteolítica incrementada es debido al aumento de expresión de RANKL (activador del receptor del ligando del factor nuclear kappa-B) de parte de los osteoblastos (OBs) y en menor porcentaje de las células de mieloma además de que estas últimas también inhiben la proteína OPG (osteoprotegerina) liberada por los OBs, lo anterior ocasionará un aumento entre la relación RANKL y OPG lo que conduce a una sobreactivación de osteoclastos (OCs) y resorción ósea. Otro factor importante en la hiperactividad de OCs es el aumento de IL-6, IL-3 y MIP-1 alfa (proteína 1 alfa inflamatoria de macrófagos) producidas por las células del estroma en la médula (Bernstein et al., 2022).

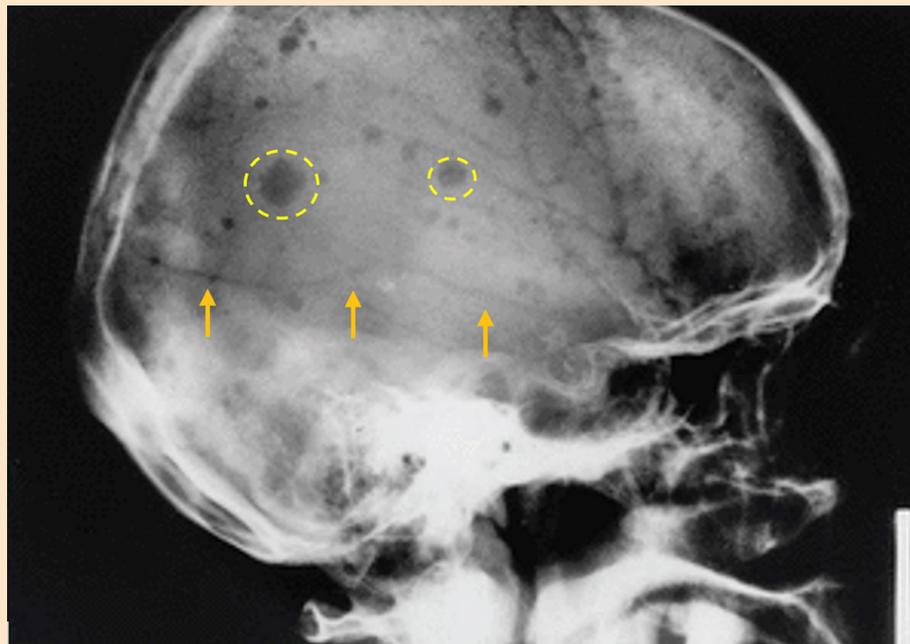


Figura 1. Radiografía lateral derecha de cráneo con patrón sacabocado o "forma de pelota de golf", muestra lesiones de tipo líticas en tejido óseo característico de MM. (Akasbi et al., 2001).

### Métodos de detección de MM

En la biometría hemática podemos observar anemia aislada y en casos particulares, afección en 3 líneas celulares (anemia, trombocitopenia y leucopenia), mientras que en la química clínica habrá creatinina elevada, albúmina disminuida, proteínas totales disminuidas, fosfatasa alcalina elevada, urea y ácido úrico elevados. Todo esto anteriormente mencionado es a raíz de que las células plasmáticas malignizadas se encuentran en la médula de huesos largos donde se originan también líneas celulares importantes como es la eritrocitaria, leucocitaria y plaquetaria. Los anticuerpos producidos por las células plasmáticas malignizadas causan la degradación de todas las células implicadas en cada una de las líneas celulares y también de tejidos específicos como el óseo, causando así por ejemplo el aumento de fosfatasa alcalina, de igual modo si hay degradación eritrocitaria, los niveles de albúmina disminuirán. En la prueba de inmunoproteínas principalmente veremos una elevación muy notoria de proteína C reactiva y de lactato. Dichas pruebas se complementan finalmente con estudios de inmunología como electroforesis de proteínas y que se observará un aumento de IgG siendo esta la más común, aunque también podría ser de IgM, IgE, IgA e IgD la de peor pronóstico para los pacientes, cada una de estas inmunoglobulinas con cadenas predominantemente ligeras de tipo Lambda ( $\lambda$ ) y Kappa ( $\kappa$ ). Se pueden pedir

estudio radiográfico donde se podrá observar lesiones sacabocados o en forma de pelota de golf a causa de lesiones líticas óseas en cráneo. Si se decide tomar una biopsia de médula, se podrá observar una celularidad plasmática mayor de 10%.

### Criterios "CRAB" para diagnóstico de paciente con MM

Los criterios "CRAB" fueron descritos por primera vez por un grupo de investigadores liderados por el Doctor David A. Kyle en 1971. Estos criterios siguen vigentes tanto en México como en otros países, siendo importantes para diagnosticar el MM como médico de primer nivel de atención.

La "C" corresponde a la palabra "Calcio" ya que los pacientes presentarán niveles de calcio en sangre o hipercalcemia (HC) mayor a 11 mg/dl debido a la sobreactivación de OCs e inhibición de OBs como se mencionó anteriormente.

"R" representa la "lesión Renal" ocasionada por los depósitos de proteínas mal plegadas en riñones, por lo tanto, la creatinina será mayor a 2 mg/dl en estudio de laboratorio.

La "A" quiere decir "Anemia" ya que en la biometría hemática de los pacientes habrá disminución de masa eritrocitaria/hemoglobina.

Por último, se encuentra la letra "B" que hace referencia a la palabra "Bone"

Tabla 1. Presentación de los síntomas clínicos más frecuentes en pacientes con Mieloma Múltiple:

Síntomas	Frecuencia
→Dolor de espalda →Omodinia →Dolor torácico →Dolor pélvico o en piernas →Astenia →Contracturas musculares →Dolor costal	70% - 90%
→Infecciones (pulmonares) →Disnea →Anemia	40% - 60%
→Neuropatía periférica →Hemorragias →Fracturas óseas	10% - 30%

de hueso, esto con el significado de que los pacientes presentarán una o más lesiones óseas como consecuencia de las lesiones líticas, además de dolor óseo. (Albagoush et al., 2023)

Es importante mencionar que, a la hora de diagnosticar un paciente con MM se debe de tomar en cuenta tanto los criterios "CRAB" como la historia clínica del paciente y demás sintomatología, no guiarse únicamente del esquema "CRAB" (Figura 2). Esto con la finalidad de poder referir al paciente con un hematólogo de preferencia a tiempo, y que pueda llevar un tratamiento y seguimiento individualizado.

Adicional a los criterios diagnósticos "CRAB", se han añadido 3 eventos que definen el mieloma (MDEs por sus siglas

en inglés) y que la presencia de al menos 1 de estos nuevos criterios confirmarían inmediatamente la sospecha diagnóstica de mieloma (Rajkumar et al., 2014):

1. 60% o más de células plasmáticas clonales en el examen de médula ósea
2. La relación de cadenas ligeras libres involucradas/no involucradas en suero de 100 o mayor, siempre que el nivel absoluto de la cadena ligera involucrada sea al menos 100 mg/L (la cadena ligera libre involucrada de un paciente, ya sea kappa o lambda, es la que está por encima del rango de referencia normal; la cadena ligera libre no involucrada es la que normalmente está en el rango normal o por debajo de él)
3. Más de una lesión focal en la resonancia magnética de al menos 5 mm o más de tamaño.

## Conclusión y perspectivas

El Mieloma Múltiple es una enfermedad cancerosa que es muy difícil de tratar, a pesar de que otros tipos de cáncer tienen mejores expectativas de cura. Por lo tanto, se requiere de mayores investigaciones que ayuden a identificar los múltiples factores genéticos (y ambientales). Como médico de primer nivel, es de suma importancia conocer los criterios "CRAB" para el diagnóstico temprano y acertado de MM; sin embargo, no solo se debe tomar en cuenta dichos criterios, sino que también ser muy atentos con la historia clínica del paciente, tiempo de evolución, antecedentes familiares y factores de riesgo, ya que todos estos datos serán de suma importancia también a la hora de referir al paciente con el especialista en hematología.

## Agradecimientos

Agradezco al Dr. Gustavo Santoyo Pizano por los comentarios y sugerencias realizados al manuscrito.

## Referencias

- Akasbi, M., Braun, B., & Díaz Curiel, M. (2001). Lesiones osteolíticas en cráneo en paciente mayor. *REEMO*. <https://www.elsevier.es/es-revista-reemo-70-articulo-lesiones-osteoliticas-craneo-paciente-mayor-13019718>
- Albagoush, S. A., Shumway, C., & Azevedo, A. M. (2023). *Multiple Myeloma*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534764/>
- Bernstein, Z. S., Kim, E. B., & Raje, N. (2022). Bone Disease in Multiple Myeloma: Biologic and Clinical Implications. In *Cells* (Vol. 11, Issue 15). MDPI. <https://doi.org/10.3390/cells11152308>
- Ramiro Espinoza-Zamora, J., Figueroa-Acosta, R., & de la Caridad Ledesma-Osorio, Y. (2020). The burden of multiple myeloma in Mexico: An epidemiologic investigation of the national health system. *Gaceta Mexicana de Oncología*, 19(2), 1–8. <https://doi.org/10.24875/j.gamo.19000281>
- Robiou du Pont, S., Cleyne, A., Fontan, C., Attal, M., Munshi, N., Corre, J., & Avet-Loiseau, H. (2017). Genomics of Multiple Myeloma. *Journal of Clinical Oncology*, 35(9), 963–967. <https://doi.org/10.1200/JCO.2016.70.6705>
- Rajkumar, S. V., Dimopoulos, M. A., Palumbo, A., Blade, J., Merlini, G., Mateos, M.-V., Kumar, S., Hillengass, J., Kastritis, E., Richardson, P., Landgren, O., Paiva, B., Dispenzieri, A., Weiss, B., LeLeu, X., Zweegman, S., Lonial, S., Rosinol, L., Zamagni, E., ... Miguel, J. F. S. (2014). International Myeloma Working Group updated criteria for the diagnosis of multiple myeloma. *The Lancet Oncology*, 15(12), e538–e548. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(14\)70442-5](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(14)70442-5)

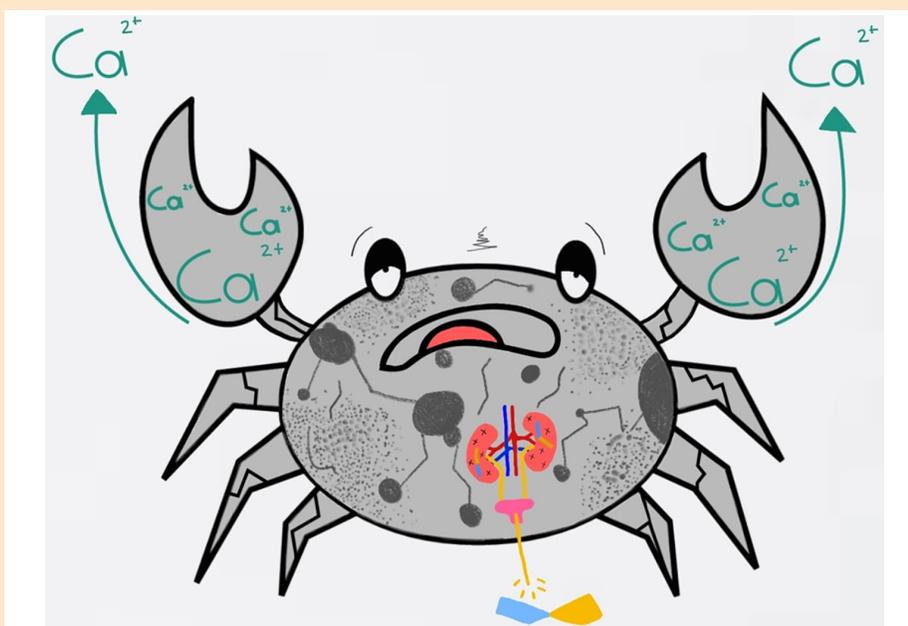


Figura 2. Esquema que ilustra los criterios "CRAB" para el diagnóstico de MM, empezando por las pinzas hacia arriba con la abreviación del calcio representando la HC, seguido por riñones dañados debido a la presencia de proteínas "Bence Jones" y presencia de estas mismas en la orina, continuando con una facie de fatiga a raíz de la anemia, y por último, fracturas en sus patas andadoras debido a las lesiones líticas que se observan también en todo su cuerpo típicas en una radiografía.

## Aceite de aguacate: El verdadero oro verde

El aguacate, esa delicia cremosa apreciada en cocinas de todo el mundo, no solo es un tesoro culinario, sino que su aceite es un auténtico “oro verde”. En la actualidad, el aguacate se ha ganado un lugar de honor en la dieta global, no sólo por su sabor único y versatilidad, sino también por su reputación como superalimento. Con más de 10,000 años de historia, el aguacate ha sido altamente valorado en diversas culturas, pero es en México, y más específicamente en Michoacán, donde este fruto alcanza su máxima expresión. Michoacán no solo es el principal productor de aguacate a nivel mundial, sino que también es reconocido por exportar aguacates de la más alta calidad. Esta fruta que ha formado parte de la alimentación y la cultura mexicana desde tiempos ancestrales, se ha convertido en un símbolo de orgullo y un importante motor económico para la región. La riqueza del aceite de aguacate reside en su impresionante perfil nutricional. Este aceite es una fuente notable de grasas saludables, las llamadas grasas monoinsaturadas, como por ejemplo, el ácido oleico, a este respecto, el aceite de aguacate está a un nivel semejante de otro aceite considerado superalimento, el aceite de oliva. Además de que contiene vitaminas y minerales, lo más destacable es una abundancia fuera de serie de antioxidantes; estos componentes no solo contribuyen a una alimentación saludable, sino que también nos ayudan a combatir y prevenir enfermedades crónicas como la diabetes, el hígado graso y la hipertensión (Figura 1) (Cervantes-Paz & Yahia, 2021; Chin, 2019).

Por otro lado, los efectos del aguacate han demostrado no solo combatir este tipo de enfermedades, se han reportado también efectos antimicrobianos, antiinflamatorios y antioxidantes (Morelosy Hernández, 2019), sin embargo, el efecto únicamente del aceite del aguacate, se ha estudiado poco en humanos y su efecto sobre enfermedades como el cáncer, la diabetes y enfermedades cardiovasculares se ha demostrado fundamentalmente mediante estudios *in vitro* y en animales (Cervantes-Paz & Yahia, 2021). De hecho, uno de los pocos estudios en humanos se llevó a

26 Milenaria, Ciencia y Arte

# Aceite de aguacate: El verdadero oro verde contra las enfermedades crónicas

## Avocado oil: The true green gold against chronic diseases

Manuel Alejandro Vargas Vargas y Christian Cortés Rojo

Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Morelia, Michoacán, México.  
Contacto: christian.cortes@umich.mx

**Resumen.** En un mundo donde las enfermedades crónicas como la diabetes, la hipertensión y el hígado graso son cada vez más comunes, la importancia de una alimentación balanceada se vuelve esencial. Aunque parezca sencillo, llevar una dieta equilibrada es un desafío diario, complicado por la falta de tiempo y una desinformación general sobre los alimentos benéficos para nuestra salud. Aquí es donde entra en juego un superalimento poco reconocido: el aceite de aguacate. Este verdadero “oro verde” ha capturado la atención de la comunidad científica debido a sus notables beneficios. Con un alto contenido en grasas benéficas para la salud, vitaminas y antioxidantes, el aceite de aguacate no solo es un aliado en la cocina, sino también en nuestra lucha contra las enfermedades crónicas. Este artículo explora cómo el aceite de aguacate puede ser un componente clave en nuestra dieta diaria, ofreciendo una solución natural y accesible para mejorar nuestra salud y disminuir la severidad de las complicaciones de enfermedades crónicas a largo plazo. Acompáñanos en este viaje para descubrir los secretos del aceite de aguacate y cómo puede ayudarnos a llevar una vida más sana.

**Palabras clave:** Aceite de aguacate, diabetes mellitus, antioxidantes.

**Abstract.** In a world where chronic diseases such as diabetes, hypertension, and fatty liver are increasingly common, the importance of a balanced diet becomes essential. It may seem simple, however maintaining a well-balanced diet is a daily challenge which can be complicated by the lack of time and general misinformation about health-beneficial foods. This is where a little-recognized superfood comes into play: avocado oil. This true “green gold” has captured the attention of the scientific community due to its remarkable health properties. It is high in healthy fats in, vitamins, and antioxidants. Avocado oil is not only an ally in the kitchen but also in our fight against chronic diseases. This article explores how avocado oil can be a key component in our daily diet, offering a natural and accessible solution to improve our health and prevent long-term complications of chronic diseases. Join us on this journey to uncover the secrets of avocado oil and how it can help us to achieve a healthier life.

**Keywords:** Avocado oil, diabetes mellitus, antioxidants

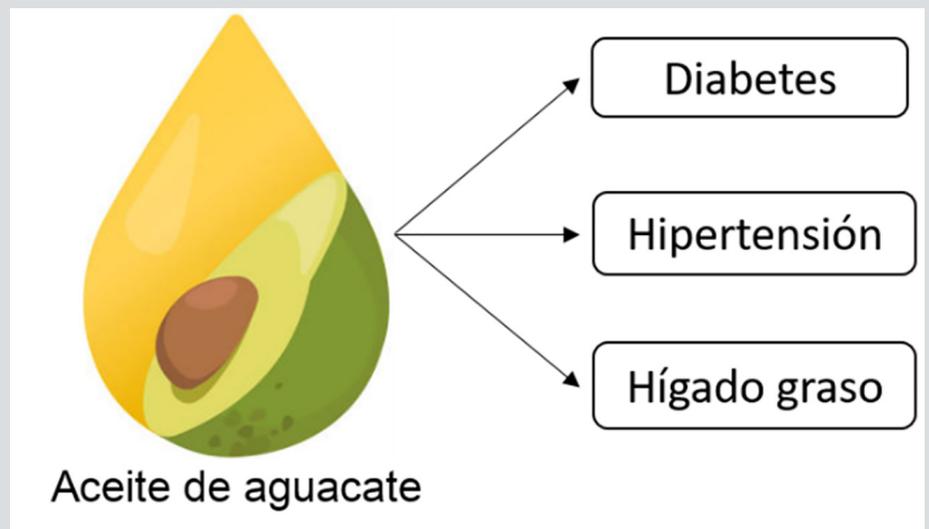


Figura 1. Aceite de aguacate y su impacto positivo en el control de enfermedades crónicas en estudios recientes.



Figura 2. Marcas de aceite de aguacate que cumplen y no cumplen con las regulaciones Mexicanas. Recuperado el 29 de Enero del 2024 de: <https://tecscience.tec.mx/es/divulgacion-ciencia/adulteracion-de-aceites-de-aguacate/>

cabo utilizando el producto comercial Piascledine® en pacientes con osteoartritis. Dicho fármaco, es una combinación de compuestos activos del aguacate y soya, el cual demostró reducir el dolor y mejorar la movilidad en pacientes con este padecimiento (Cameron y Chrubasik, 2014; Al-Afify *et al.*, 2018). Por esta razón, es necesario continuar con investigaciones más extensas para conocer los efectos del aceite de aguacate en enfermedades crónicas en humanos.

La presente revisión se centra en el efecto del aceite de aguacate y lo que se estudiado hasta el presente año con la finalidad de subrayar el potencial terapéutico de su aceite, un derivado que concentra las propiedades saludables del fruto en una forma versátil y accesible para el consumo diario. Al adentrarnos en este viaje, descubriremos cómo el aceite de aguacate ha evolucionado desde ser un simple ingrediente hasta convertirse en un pilar de la nutrición moderna y un aliado en la promoción de un estilo de vida saludable.

### ¿Diabetes? El aceite de aguacate podría ser tu nuevo aliado

La diabetes es una enfermedad en la que el cuerpo tiene problemas para manejar el azúcar que obtenemos de los alimentos; seguramente algún familiar o conocido tuyo padece esta

enfermedad que parece ir en aumento de manera descontrolada, y es que tan solo en nuestro país, 10.3% de la población mayor a 20 años reportaron contar con un diagnóstico médico previo de diabetes mellitus (INEGI, 2021). Existen investigaciones que han arrojado luz sobre cómo el aceite de aguacate puede mejorar la sensibilidad a la insulina, un factor clave para controlar la diabetes. Es el caso de una investigación realizada en un modelo de roedores en donde se demostró que el aceite de aguacate disminuye la resistencia a la insulina y ayuda en el control de los niveles de azúcar en sangre (Del Toro-Equihua *et al.*, 2016). En otra investigación se demostró que la suplementación de aceite de aguacate disminuye la inflamación, la resistencia a la insulina y los radicales libres en un modelo de roedores (Oliveira *et al.*, 2022)

### Hipertensión: Un aliado natural para un corazón saludable

La hipertensión ocurre cuando la presión de la sangre en las arterias es más alta de lo normal, similar a como cuando el agua corre por una manguera con demasiada presión. Este problema es muy frecuente en personas que tienen diabetes; el aceite de aguacate también ha demostrado ser beneficioso en la lucha contra esta enfermedad. En estudios utilizando modelos animales se

encontró que ayuda a regular la presión arterial y mejora la vasodilatación renal debido a su alto contenido en ácido oleico (Márquez-Ramírez *et al.*, 2021), ofreciendo un método natural y un gran aliado para combatir esta condición ya que incluso se ha comparado su efecto contra el losartan, un fármaco utilizado para combatir la hipertensión, y ha demostrado tener efectos similares sobre la presión arterial (Márquez-Ramírez *et al.*, 2018).

### Aceite de aguacate: Un escudo contra el hígado graso

El impacto del aceite de aguacate en el hígado graso es otra área de interés y es que se estima que entre un 20 a 30% de la población mundial presenta hígado graso. Esto ocurre cuando se acumula un exceso de grasa en el hígado que puede llegar a inflamarlo y hasta provocar hasta cirrosis y en el menor de los casos, hepatocarcinoma celular; la obesidad y la diabetes mellitus son condiciones que se asocian con este padecimiento (GobMx, 2016). Se ha comprobado que el aceite de aguacate ayuda a reducir la inflamación del hígado y los niveles de colesterol y triglicéridos en roedores con hígado graso. Estos beneficios también fueron acompañados por un mejor control en los niveles de glucosa en sangre (García-Berumen. *et al.*, 2022), lo cual ha demostrado tener un efecto protector del hígado (Sari *et al.*, 2023)

### El corazón de la producción: Michoacán y su “Oro Verde”

México se ha convertido en el primer productor y exportador de aguacate a nivel internacional y Michoacán es el estado que más aguacates produce: aporta además cuatro quintas partes del total nacional de la producción de este fruto (GobMx, 2016). Aquí, el aguacate no solo es un cultivo; es una fuente vital de economía y orgullo. El aguacate michoacano es conocido por su calidad y características únicas, lo que lo hace particularmente valioso tanto en el mercado local como el internacional.

### Lucha contra la adulteración: asegurando la calidad del aceite de aguacate

A pesar de sus beneficios, el mercado del aceite de aguacate enfrenta un desafío enorme: la adulteración y el mal etiquetado. Esta mala práctica no solo es un tema de utilizar ingredientes baratos, sino que también puede tener

impactos negativos en la salud. En el año 2023, científicos pertenecientes a la Escuela de Ingeniería y Ciencias del Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey, analizaron 12 marcas de aceite de aguacate comercializadas en el mercado mexicano. El estudio reveló que solo 5 marcas (Figura 2) cumplen con los lineamientos del perfil ácidos grasos y los requisitos de etiquetado nutrimental obligatorio establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1, la cual indica las especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria (Patiño-González *et al.*, 2024).

Tomando esto en cuenta es importante aumentar la regulación y pruebas de calidad para proteger a los consumidores y garantizar que obtengan los beneficios reales del aceite de aguacate.

### Conclusiones

El aceite de aguacate no es solo un producto; es una promesa de un futuro más saludable. La mayoría de los efectos benéficos se ha demostrado en estudios *in vitro* y en modelos animales, sin embargo, las investigaciones realizadas en humanos son muy escasas, por esa razón es vital continuar la investigación, mejorar las regulaciones y aumentar la conciencia sobre la importancia y los beneficios de este “oro verde”. Así, no solo estaremos protegiendo nuestra salud, sino también apoyando una economía local vital y sostenible.

### Referencias

Al-Afify ASA, El-Akabawy G, El-Sherif NM, El-Safty FEA, El-Habiby MM (2018) Avocado soybean unsaponifiables ameliorates cartilage and subchondral bone degeneration in monoiodoacetate-induced knee osteoarthritis in rats. *Tissue Cell.* 52:108-115. doi: 10.1016/j.tice.2018.05.001.

Cameron M, Chrubasik S (2014) Oral herbal therapies for treating osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev.* 22; 2014(5):CD002947. doi: 10.1002/14651858.CD002947.

Cervantes-Paz B. & Yahia Elhadi M. (2021) Avocado oil: Production and market demand, bioactive components, implications in health and tendencies and potential uses. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 20:4120-4158. DOI: 10.1111/1541-4337.12784

Chin Xuan Tan (2019) Virgin avocado oil: An emerging source of functional fruit oil *Journal of Functional Foods.* 54: 381-392. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.12.031>.

Del Toro-Equihua M, Raymundo Velasco-Rodríguez, Raúl López-Ascencio, Clemente Vázquez (2016) Effect of an avocado oil-enriched diet (*Persea americana*) on

sucrose-induced insulin resistance in Wistar rats. *Journal of Food and Drug Analysis.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfda.2015.11.005>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Estadísticas a propósito del día mundial de la diabetes (14 de noviembre). [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2021/EAP\\_Diabetes2021.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2021/EAP_Diabetes2021.pdf)

García-Berumen CI, Vargas-Vargas MA, Ortiz-Avila O, Piña-Zentella RM, Ramos-Gómez M, Figueroa-García MDC, Mejía-Zepeda R, Rodríguez-Orozco AR, Saavedra-Molina A, Cortés-Rojo C. (2022) Avocado oil alleviates non-alcoholic fatty liver disease by improving mitochondrial function, oxidative stress and inflammation in rats fed a high fat-High fructose diet. *Front Pharmacol.* (19): 1089130. doi: 10.3389/fphar.2022.1089130.

Gobierno de México. (2016) ¿Qué es el hígado graso? Es la causa más frecuente de alteraciones crónicas en las pruebas de función hepática aplicada a personas sin síntomas. <https://www.gob.mx/salud/articulos/que-es-el-higado-graso>

Gobierno de México. (2016). México es el principal productor y exportador de aguacate en el mundo. <https://www.gob.mx/se/articulos/mexico-es-el-principal-productor-y-exportador-de-aguacate-en-el-mundo>

Morelos Pulido Yadira Guadalupe y Hernández Calderón Erasto (2019). El consumo de aguacate, una revisión general y sus beneficios para la salud. *Milenaria, Ciencia y Arte* 14: 17-19.

Márquez-Ramírez CA, Hernández de la Paz JL, Ortiz-Avila O, Raya-Farias A, González-Hernández JC, Rodríguez-Orozco AR, Salgado-Garciglia R, Saavedra-Molina A, Godínez-Hernández D, Cortés-Rojo C. 2018. Comparative effects of avocado oil and losartan on blood pressure, renal vascular function, and mitochondrial oxidative stress in hypertensive rats. *Nutrition.* (54):60-67. doi: 10.1016/j.nut.2018.02.024. Epub 2018 Mar 20. PMID: 29753173.

Márquez-Ramírez CA, Olmos-Orizaba BE, García-Berumen CI, Calderón-Cortés E, Montoya-Pérez R, Saavedra-Molina A, Rodríguez-Orozco AR, Cortés-Rojo C (2021) Avocado Oil Prevents Kidney Injury and Normalizes Renal Vasodilation after Adrenergic Stimulation in Hypertensive Rats: Probable Role of Improvement in Mitochondrial Dysfunction and Oxidative Stress. *Life.* 11: 1122. <https://doi.org/10.3390/life11111122>

Oliveira Marques, S, Muller, A.P, Luciano, T.F, dos Santos Tramontin, N, da Silva Caetano, M, Luis da Silva Pieri, B, Amorim, T.L, de Oliveira, M.A.L, de Souza, C.T. 2022. Effects of Avocado Oil Supplementation on Insulin Sensitivity, Cognition, and Inflammatory and Oxidative Stress Markers in Different Tissues of Diet-Induced Obese Mice. *Nutrients.* 14, 2906. <https://doi.org/10.3390/nu14142906>

Patiño-González V, Marín-Obispo LM, Obispo-Fortunato D, Colín-Oviedo A, Hernández-González D, Plascencia-Villanueva H y Hernández-Brenes C. (2024). La autenticidad de alimentos: el caso de los aceites de aguacate. *TecScience.*

<https://tecscience.tec.mx/es/divulgacion-ciencia/adulteracion-de-aceites-de-aguacate/>

Sari Eka Puspita, Wasita Brian, Muthmainah. (2023) The role of avocado oil as anti-dyslipidemia and hepatoprotective. *Al Insyirah International Scientific Conference on Health.* Vol. 4 No. 1 (2023). <https://jurnal.ikta.ac.id/aisch/article/view/2593/543>

# Gingivitis y periodontitis. ¡No te quedes sin dientes!

## Gingivitis and periodontitis. Don't be left without teeth!

**Alain Raimundo Rodríguez Orozco y Tomas Cruz Velasquez**

Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas “Dr. Ignacio Chávez”, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). 2. Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, UMSNH. Morelia, Mich., México.

Contacto: 1344104g@umich.mx

**Resumen.** Las enfermedades de las encías que son causadas por la acumulación de placa dental, conocidas como gingivitis y periodontitis, afectan las estructuras que sostienen los dientes, como la encía y el hueso. La gingivitis inducida por placa dental (por bacterias) es la forma más leve de enfermedad de la encía y se puede encontrar en hasta el 90% de la población. Se trata de una respuesta inflamatoria de los tejidos de la encía resultante de la acumulación de bacterias nocivas ubicadas en la superficie y debajo de la encía. Aunque la gingivitis en sí no causa directamente la pérdida de dientes, su control es una estrategia preventiva fundamental para evitar la progresión a la periodontitis. Si la gingivitis no se trata adecuadamente, puede evolucionar a periodontitis, una enfermedad crónica que causa destrucción progresiva del hueso que sostiene los dientes, lo que puede llevar a la caída de múltiples dientes. La pérdida de dientes afecta la función masticatoria, dificultando la masticación de ciertos alimentos, afecta la forma de hablar y aumenta el riesgo de problemas dentales y de las encías. En el presente artículo platicaremos acerca de cómo se desarrollan estas enfermedades de la encía, como detectarlas y tratarlas. También analizaremos las prácticas de higiene bucal que son esenciales para prevenir tanto la gingivitis como la periodontitis, y cómo se puede reducir el riesgo de pérdida de dientes mediante una intervención temprana y un cuidado dental adecuado.

**Palabras Clave:** Enfermedad periodontal, Periodontitis, Pérdida de dientes.

**Abstract.** Gum diseases caused by the accumulation of dental plaque, known as gingivitis and periodontitis, affect the structures that support the teeth, such as the gums and bone. Plaque-induced gingivitis (caused by bacteria) is the mildest form of gum disease and can be found in up to 90% of the population. It is an inflammatory response of the gum tissues resulting from the accumulation of harmful bacteria located on the surface and below the gumline. Although gingivitis itself does not directly cause tooth loss, controlling it is a fundamental preventive strategy to avoid progression to periodontitis. If gingivitis is not properly treated, it can develop into periodontitis, a chronic disease that causes progressive destruction of the bone that supports the teeth, which can lead to the loss of multiple teeth. Tooth loss affects chewing function, making it difficult to chew certain foods, impacts speech, and increases the risk of dental and gum problems. In this article, we will discuss how these gum diseases develop, how to detect and treat them. We will also examine oral hygiene practices that are essential for preventing both gingivitis and periodontitis, and how the risk of tooth loss can be reduced through early intervention and proper dental care.

**Keywords:** Periodontal disease, Periodontitis, Tooth loss

## Introducción.

La boca alberga la segunda comunidad microbiana más diversa del cuerpo, con más de 700 especies de bacterias que colonizan las superficies de los dientes y los tejidos blandos, desempeñando un papel importante en nuestra fisiología y salud. La suma de los microbios, su información genética y el entorno en el que interactúan es conocida como el microbioma. Las alteraciones del microbioma bucal causadas por los estilos de vida modernos pueden tener

consecuencias perjudiciales para nuestra salud general y bucal. Cuando el delicado equilibrio del ecosistema bucal se altera, se genera algo conocido como disbiosis, lo que permite que las bacterias promotoras de enfermedades se manifiesten y causen afecciones como gingivitis y periodontitis (Kilian *et al.*, 2016).

Las enfermedades de la encía causadas por bacterias nocivas, conocidas como enfermedades periodontales (gingivitis y periodontitis) son importantes problemas de salud, dado que pueden provocar la pérdida de dientes, afectando gravemente la función masticatoria (Yataco *et al.*, 2021). La gingivitis inducida por placa dental es la forma más leve de enfermedad periodontal y se puede encontrar en hasta el 90% de la población (Gasner y Schure, 2023). La gingivitis puede presentar varios patrones de signos y síntomas observables de inflamación que se localizan en la encía y se inician por la acumulación de capas de bacterias en los dientes. El inicio de la gingivitis ocurre si la placa dental se acumula durante días o semanas sin interrupción o eliminación, causando enrojecimiento y sangrado de las encías, lo cual es común notar al cepillarnos los dientes (comúnmente por una mala técnica de cepillado). La gingivitis no provoca directamente la pérdida de dientes; sin embargo, si esta infección de las encías, no es controlada, la inflamación avanza hacia el hueso que soporta a los dientes y causa su destrucción (Murakami *et al.*, 2018). Una vez que se inicia la destrucción del hueso, la gingivitis puede convertirse en periodontitis, afectando así los tejidos más profundos de las encías y el hueso.

Para diagnosticar la gingivitis y periodontitis se realiza una historia clínica y examen periodontal, considerando diversas variables clínicas de importancia (profundidad al sondaje, sangrado al sondeo, placa dental y más). Un signo característico de la periodontitis es la aparición de bolsas periodontales. Estas son aberturas o espacios grandes que se forman entre el diente y la encía, lo cual indica que el tejido que sostiene el diente se ha perdido o dañado parcial o totalmente. Como consecuencia, la periodontitis es de las causas principales de pérdida de dientes a nivel mundial (Sanz *et al.*, 2020) (Figura 1). Al perder varios dientes se puede dificultar la masticación de ciertos alimentos, lo que puede llevar a restricciones en la dieta y, a largo plazo, a problemas nutricionales.

La periodontitis es la enfermedad inflamatoria crónica no transmisible más común en los seres humanos. Según el estudio Carga Global de Enfermedades 2010, la prevalencia global estandarizada por edad (1990-2010) de periodontitis severa fue del 11.2%, lo que representa la sexta afección más prevalente en el mundo (Sanz *et al.*, 2020). La prevalencia de formas más leves de periodontitis puede llegar hasta el 50% (Sanz *et al.*, 2020). En México, su prevalencia se estima entre el 35 y 45% de la población adulta (Martínez *et al.*, 2021).

Debido a estos antecedentes, es importante insistir en la prevención y en el diagnóstico temprano de esta enfermedad, porque no solo conduce a la pérdida de dientes en adultos jóvenes y adultos mayores, también a otros problemas de salud como infección de hueso, infección sanguínea, impacto negativo en la autoestima y la confianza, porque puede afectar la apariencia física y llevar a sentimientos de vergüenza o inseguridad, afectando la interacción social y la calidad de vida (Arciga-Ornelas y Ortiz-Montalvo, 2023). Además, puede afectar la forma de hablar del individuo, generando indecisión al hablar y al sonreír ¿Alguna vez has notado que alguien se esfuerza por ocultar los dientes cuando ríe? Ver figura 2.

**Qué situaciones favorecen el desarrollo de gingivitis y periodontitis? Ver figura 3.**

La principal causa de enfermedad periodontal ocasionada por placa dental es una higiene dental deficiente. De igual forma, no usar o el mal uso de hilo dental



Figura 1. Pérdida de dientes por periodontitis.



Figura 2. Una sonrisa incompleta que oculta los dientes es una señal de la inseguridad que puede deberse a problemas de salud en dientes y encías.

es un factor importante en la generación de gingivitis (Trombelli *et al.*, 2018; Herrera *et al.*, 2022).

Aunado al deficiente aseo dental, una dieta rica en carbohidratos refinados (como pan blanco, galletas y pasteles hechos con harina refinada), bebidas carbonatadas (como bebidas gaseosas tipo Cola y bebidas energéticas) y jugos procesados (como jugos de frutas industriales con alto contenido de azúcar añadida/jugos con jarabe de maíz con alta fructosa), y en general el abuso de “comida chatarra”, aumentará drásticamente el riesgo de enfermedad periodontal. Estos alimentos generan un entorno ácido en la boca, lo cual favorece a la multiplicación de bacterias capaces de generar inflamación y daño en la encía. Al mismo tiempo, siguen multiplicándose bacterias desfavorables que tienen la capacidad de generar un desequilibrio en la flora normal de la boca. Entonces, aumenta la inflamación de la encía, y aparecen enrojecimiento y sangrado en múltiples zonas de la encía, esta es la gingivitis causada por placa dental (por bacterias) (Trombelli *et al.*, 2018). Al no ser controlada la infección, las bacterias y sus toxinas migran hacia zonas más profundas de la encía. En esta etapa algunas bacterias como *Porphyromonas gingivalis* y *Prevotella intermedia* causan mayor daño en las estructuras que sujetan a los dientes, y nuestro sistema inmunológico, como parte de sus mecanismos de defensa para contener el daño, colateralmente activa a algunas

células como osteoclastos, que pueden destruir el hueso, a esta enfermedad se le conoce como periodontitis (Pan *et al.*, 2019).

Otro factor importante en el avance de estas enfermedades es el tabaco. Las personas fumadoras tienen mayor riesgo de que avance esta enfermedad debido a que las bacterias que causan mayor daño por debajo de la encía no necesitan de oxígeno (anaerobias) para sobrevivir y multiplicarse.

Al fumar tabaco, el humo puede interferir con la disponibilidad de oxígeno, favoreciendo la sobrevivencia de bacterias anaerobias perjudiciales (Walsh y Tsang, 2008). Además, la exposición directa del humo del cigarro inhalado a los tejidos periodontales provoca

vasoconstricción de la microvasculatura periodontal y fibrosis gingival, que a menudo se observa en fumadores. Aunque la acumulación de placa y la progresión de la enfermedad se exacerbaban en los fumadores, los fumadores tienen menos signos y síntomas clínicos de inflamación gingival y, por lo tanto, fumar puede enmascarar una gingivitis y/o periodontitis subyacente (Kubota *et al.*, 2016).

### ¿Cómo saber si tengo gingivitis o periodontitis?

En muchas ocasiones las personas que sangran de la encía durante el cepillado llegan a creer que es algo normal debido a que les ha sucedido por mucho tiempo, inclusive meses o años y sin dolor. Es importante mencionar que estas enfermedades no causan dolor generalmente y las personas que la padecen suelen percatarse de este problema cuando comienzan a notar espacios y movilidad en sus dientes (dientes flojos), lo cual es una característica de la enfermedad avanzada, por eso es importante reconocerla cuando se presentan los primeros signos y síntomas (Figura 4).

Una vez que reconocemos que existe la posibilidad de tener gingivitis o periodontitis, es importante acudir lo antes posible con el odontólogo o con un especialista en periodoncia para establecer el diagnóstico, recibir instrucciones de higiene bucal y un tratamiento odontológico especializado encaminado a combatir la enfermedad y el número de condiciones que la causan, para así conservar la dentadura.

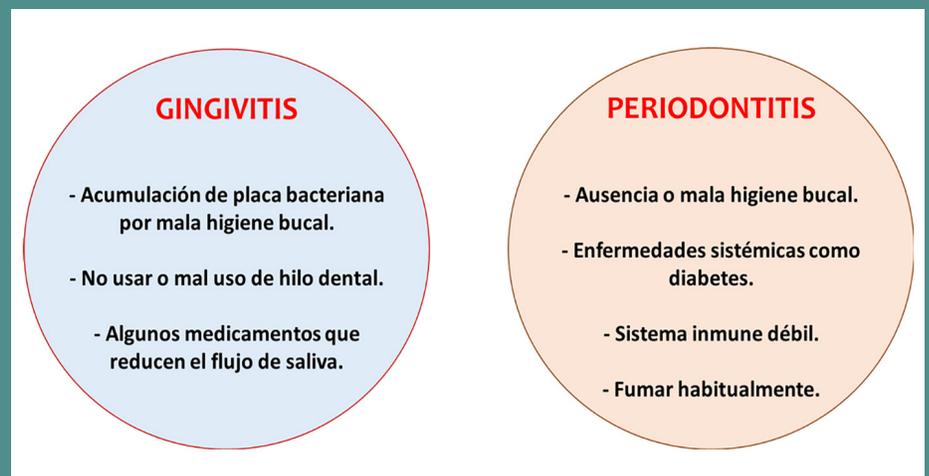


Figura 3. Distintos factores que favorecen el desarrollo de gingivitis y periodontitis (Trombelli *et al.*, 2018; Dietrich *et al.*, 2019; Sanz *et al.*, 2020)

## GINGIVITIS

### Signos y síntomas



## PERIODONTITIS

### Signos y síntomas



Figura 4. Signos y síntomas de la gingivitis y periodontitis (Dietrich et al., 2019; Sanz et al., 2020).

Figura 4. Signos y síntomas de la gingivitis y periodontitis (Dietrich et al., 2019; Sanz et al., 2020).

### Tratamiento de la gingivitis y periodontitis

Cuando el odontólogo recibe a pacientes con gingivitis o con periodontitis puede tomar varias decisiones para tratar a sus pacientes (Figura 5).

Una vez que el paciente fue diagnosticado con gingivitis, el tratamiento siempre comienza con motivación del paciente e instrucciones de higiene de la boca. El odontólogo revisa como el paciente se cepilla los dientes y ajusta la técnica de cepillado para conseguir la más eficiente para cada persona y también orienta al paciente sobre el uso correcto de hilo dental. Con esto y con una consulta en el consultorio del odontólogo cada 6 meses, para valorar hábitos y realizar algún tratamiento preventivo y/o rehabilitador, según sea el caso, se consiguen excelentes resultados en la mayoría de los pacientes y se alcanza la muy deseada salud de la boca (Trombelli et al., 2018; Dietrich et al., 2019; Sanz et al., 2020).

Cuando se recibe el diagnóstico de periodontitis el plan de tratamiento es más complejo. Debido a que hay mayor daño, es más largo el tratamiento. Se mantienen las mismas indicaciones sobre la higiene bucal que se recomiendan a los pacientes con gingivitis, pero se hacen más cosas. Por ejemplo, tomar radiografías de los dientes para valorar la pérdida de hueso y se hace un examen minucioso en boca.

Posteriormente, se realizan limpiezas dentales profundas. A diferencia de las limpiezas dentales de rutina, que solo eliminan la placa y el sarro de la superficie de los dientes y por encima de la línea de las encías, las limpiezas profundas se adentran por debajo de la línea de las encías para eliminar el sarro y la placa acumulada en las raíces de los dientes y en otros lugares de difícil acceso.

Los dientes que están severamente dañados y que muestran un alto grado de movilidad, debido a una pérdida significativa del hueso alveolar, podrían requerir extracción. Esto se debe a la

gravedad de la enfermedad y a la necesidad de evitar que la infección empeore, lo cual podría provocar un mayor daño en hueso y, en última instancia, la pérdida de más dientes (Sanz et al., 2020; Herrera et al., 2022).

Si el paciente coopera siguiendo las recomendaciones de higiene bucal y mejorando sus hábitos alimenticios, junto con la habilidad del odontólogo o periodoncista, es posible detener el avance de la periodontitis si se trata a tiempo. Sin embargo, aunque la progresión de la enfermedad se puede detener, es muy difícil restaurar las estructuras que sostienen el diente (el periodonto) a su estado original y a condiciones fisiológicas. La periodontitis puede controlarse para eliminar la infección y reducir la inflamación, pero el daño en el hueso no se recupera por completo a su nivel previo. Para abordar esto, se pueden usar sustitutos de hueso y esperar la evolución para recuperar la mayor cantidad posible de hueso perdido.

Aunque no todo son malas noticias: al frenar el avance de la enfermedad, en algunos casos se pueden salvar dientes con suficiente soporte para mantenerlos durante toda la vida. No obstante, pueden persistir secuelas como una menor cantidad de hueso de soporte y retracción de las encías (recesión gingival), aunque a veces estas se pueden tratar. Además, el tratamiento de la periodontitis generalmente se complementa con rehabilitación oral, evaluando la posibilidad de usar prótesis dentales como puentes o placas para reemplazar los dientes que se han perdido (Herrera et al., 2022).

### Conclusiones

Las enfermedades periodontales (gingivitis y periodontitis) son importantes problemas de salud, dado que pueden provocar la pérdida de dientes, afectando negativamente la función masticatoria y la estética, es una fuente de desigualdad social y perjudica significativamente la calidad de vida. Por lo tanto, es de vital importancia su diagnóstico a la brevedad posible para lograr detener el deterioro del soporte de los dientes y recibir un tratamiento oportuno. Es importante recordar que es una enfermedad silenciosa, sin causar dolor ni molestias en su etapa inicial, solo algo de sangrado de encías. Pero muy pocas veces nos detenemos a ver nuestra

## TRATAMIENTO DE LA GINGIVITIS Y PERIODONTITIS

	GINGIVITIS	PERIODONTITIS
Revisión odontológica	Si	Si
Limpieza dental	Si	Si
Control de placa y sarro dental	Si	Si
Instrucciones para el correcto cepillado y uso de hilo dental	Si	Si
Obtención de radiografías	No	Si
Limpieza dental profunda en el consultorio odontológico	No	Si
Extracciones dentales	No	Frecuentemente*
Rehabilitación oral (prótesis dental)	No	Frecuentemente*

\*Dependiendo de la gravedad de la periodontitis

Figura 5. Secuencia del tratamiento periodontal de la gingivitis y periodontitis (Dietrich et al., 2019; Sanz et al., 2020).

encia, ¿cierto? Te pregunto: ¿Te sangran las encías? ¿Tienes mal aliento? ¿Tienes más de 6 meses sin una revisión odontológica? Te invito a reflexionar al respecto y a acudir con tu odontólogo.

Las fotos tomadas a los pacientes fueron bajo consentimiento informado.

### Referencias

Arciga-Ornelas, M.J., & Ortiz-Montalvo, V.H. (2023). Enfermedades bucodentales un problema de salud pública. *Milenaria, Ciencia y Arte, UMSNH*, 22, 32-34. Sitio web: <https://www.milenaria.umich.mx/ojs/index.php/milenaria/issue/view/23/25>

Dietrich, T., Ower, P., Tank, M., West, N. X., Walter, C., Needleman, I., Hughes, F. J., Wadia, R., Milward, M. R., Hodge, P. J., Chapple, I. L. C., & British Society of Periodontology (2019). Periodontal diagnosis in the context of the 2017 classification system of periodontal diseases and conditions - implementation in clinical practice. *British dental journal*, 226(1), 16-22. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2019.3>

Gasner, N. S., Schure, R. S. (2023). Periodontal disease. [Actualizado el 10 de abril de 2023]. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 enero-. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554590/>

Herrera, D., Sanz, M., Kebschull, M., Jepsen, S., Sculean, A., Berglundh, T., Papapanou, P. N., Chapple, I., Tonetti, M. S., & EFP Workshop Participants and Methodological Consultant (2022). Treatment of stage IV periodontitis: The EFP S3 level clinical practice guideline. *Journal of Clinical Periodontology*, 49 Suppl 24, 4-71. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13639>

Kilian, M., Chapple, I. L., Hannig, M., Marsh, P. D., Meuric, V., Pedersen, A. M., Tonetti, M. S., Wade, W. G., & Zaura, E. (2016). The oral microbiome - an update for oral healthcare professionals. *British dental journal*, 221(10), 657-666. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2016.865>

Kubota, M., Yanagita, M., Mori, K., Hasegawa, S., Yamashita, M., Yamada, S., Kitamura, M., & Murakami, S. (2016). The effects of cigarette smoke condensate and nicotine on periodontal tissue in a periodontitis model mouse. *PloS one*, 11(5), e0155594. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155594>

Martínez, B.K.E., Bulnes, L.R.M., González, A.M. (2021). Prevalencia de periodontitis crónica moderada y avanzada generalizada como factor de riesgo cardiovascular. *Rev ADM*, 78 (1), 22-27. <https://dx.doi.org/10.35366/98383>

Murakami, S., Mealey, B. L., Mariotti, A., & Chapple, I. L. C. (2018). Dental plaque-induced gingival

conditions. *Journal of Clinical Periodontology*, 45 Suppl 20, S17-S27. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12937>

Pan, W., Wang, Q., & Chen, Q. (2019). The cytokine network involved in the host immune response to periodontitis. *International Journal of Oral Science*, 11(3), 30. <https://doi.org/10.1038/s41368-019-0064-z>

Sanz, M., Herrera, D., Kebschull, M., Chapple, I., Jepsen, S., Berglundh, T., Sculean, A., Tonetti, M. S., & EFP Workshop Participants and Methodological Consultants (2020). Treatment of stage I-III periodontitis-The EFP S3 level clinical practice guideline. *Journal of Clinical Periodontology*, 47 Suppl 22, 4-60. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13290>

Trombelli, L., Farina, R., Silva, C. O., & Tatakis, D. N. (2018). Plaque-induced gingivitis: Case definition and diagnostic considerations. *Journal of Clinical Periodontology*, 45 Suppl 20, S44-S67. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12939>

Walsh, L.J., & Tsang, A.K. (2008). Chairside testing for cariogenic bacteria: current concepts and clinical strategies. *Journal of Minimum Intervention in Dentistry*, 1, 26. Corpus ID: 55186783 Sitio web: <https://rb.gy/g0ppx8>

Yataco Barrera, D.G., Gomez Diaz, W.A., Carrasco Loyola, M.B. & Orejuela Ramirez, F.J. (2021). Asociación de la enfermedad periodontal con factores de riesgo en adolescentes de 15 años de una institución educativa. *Rev Estomatol Herediana*, 31(3),178-185. <https://doi.org/10.20453/reh.v31i3.4047>

Si usted sospecha de tener una enfermedad periodontal (gingivitis o periodontitis) o quiere prevenir la misma, siga las siguientes recomendaciones:

### RECOMENDACIONES PARA LA POBLACIÓN EN GENERAL

- Cepillarse los dientes y encías 3 veces al día y, especialmente después de ingerir carbohidratos refinados.
- Usar hilo dental diariamente con una técnica instruida por su odontólogo o especialista.
- Acudir al odontólogo para consulta dental cada 6 meses.
- Disminuir al mínimo el consumo de bebidas carbonatadas.
- Aumentar la ingesta de alimentos antioxidantes, como verduras y frutas.
- Evitar el tabaco y los cigarrillos electrónicos.

# Violencia obstétrica, un problema de salud pública poco visibilizado

## Obstetric Violence ... A public health problem that is not very visible

Ma. Salud Ferreira Rodríguez<sup>1</sup>, Rodolfo Silva de Dienheim<sup>2</sup> y Perla Jacaranda De Dienheim Barriguete<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Facultad de Salud Pública y Enfermería, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", UMSNH. Morelia, Mich. México.

Contacto: perla.de.dienheim@umich.mx

**Resumen.** La violencia obstétrica es un grave problema de salud pública, donde las mujeres pueden sufrir prácticas violentas durante consultas médicas o el parto, incluyendo actos inapropiados o no consentidos. Esto vulnera sus derechos reproductivos y sexuales. Es crucial entender los Derechos Humanos, especialmente la autonomía, para abordar este problema. Los derechos sexuales permiten vivir la sexualidad sin violencia, y los reproductivos incluyen decidir sobre la procreación. Los sistemas judiciales deben reconocer la violencia obstétrica como una violación de los derechos humanos y proteger a las personas embarazadas en todas las etapas del embarazo, parto y posparto.

**Palabras clave:** violencia obstétrica, derechos humanos, autonomía

**Abstract.** Obstetric violence is a serious public health problem, where women can suffer violent practices during medical consultations or childbirth, including inappropriate or non-consensual acts. This violates their reproductive and sexual rights. It is crucial to understand Human Rights, especially autonomy, to address this problem. Sexual rights allow us to live sexuality without violence, and reproductive rights include deciding about procreation. Judicial systems must recognize obstetric violence as a violation of human rights and protect pregnant people at all stages of pregnancy, childbirth and postpartum.

**Keywords:** obstetric violence, human rights, autonomy

### Introducción

La violencia obstétrica claramente es un problema de salud pública, así lo explica la Asamblea Parlamentaria del Consejo Europeo (APCE) cuando declara que en la intimidad de una consulta médica o de un parto, las mujeres son víctimas de prácticas violentas o que pueden ser percibidas como tales. Estos incluyen actos inapropiados o no consentidos, como palpaciones vaginales realizadas sin consentimiento, intervenciones dolorosas sin anestesia. También se han denunciado comportamientos sexistas en el transcurso de las consultas médicas (Mir & Gandolfi, 2021).

En la atención médica, muchas mujeres experimentan tratos abusivos o negligentes, violando sus derechos reproductivos. Para abordar esto, es

fundamental entender los Derechos Humanos, especialmente el de autonomía, que incluye el derecho a la salud, específicamente los derechos reproductivos y sexuales. Los derechos sexuales permiten vivir la sexualidad libremente y sin violencia, mientras que los derechos reproductivos incluyen decidir libremente sobre la capacidad de procrear, sin presiones ni discriminación (FIGO, 2021).

La violencia obstétrica no es invisible (INSP, 2020) por lo que los sistemas judiciales y jurídicos internacionales, regionales y nacionales deberían reconocer a la violencia obstétrica como una violación de derechos humanos y hacer cumplir la obligación de los gobiernos de respetar y proteger los derechos de las personas embarazadas durante el embarazo, el parto y el posparto.

• Enviado: septiembre 12, 2023 • Aceptado: mayo 27, 2024

### Desarrollo

La Violencia Obstétrica (VO) hace referencia a las conductas de acción u omisión que se derivan del proceso de atención del embarazo, trabajo de parto, parto y puerperio en el ambiente hospitalario que incluyen: el maltrato físico y verbal, la humillación, los procedimientos médicos sin consentimiento o coercitivos (incluida la esterilización), la falta de confidencialidad, el incumplimiento con la obtención del consentimiento informado, la negativa a administrar analgésicos, las violaciones flagrantes de la privacidad, el rechazo de la admisión en centros de salud y la retención de las mujeres y de los recién nacidos debido a su incapacidad de pago (Jojoa-Tobar, 2019).



Figura 1. La violencia obstétrica. Infografía de violencia obstétrica, información general de epidemiología, incidencia, tipos, ejemplos y que hacer como paciente. Tomado de [https://psyquedelic\\_art\\_informatemujer\\_doula](https://psyquedelic_art_informatemujer_doula)

Para iniciar una reflexión en torno la VO, es importante plantear una visión desde la autonomía reproductiva, ya que estas prácticas atentan contra la integridad femenina durante el proceso gestacional, violando principios bioético, por lo que es fundamental reconocer que la autonomía de las mujeres en la atención obstétrica es el primer paso ineludible en cualquier relación profesional ética, e implica mantener un diálogo explicativo y comunicativo que facilite el razonamiento y las decisiones personales (Cucurella & Tricas, 2017), para respetar decisiones y garantizar un trato digno.

Según la Federación Internacional de Ginecología y Obstetricia, los principios de beneficencia, no maleficencia, justicia y autonomía, deben guiar la práctica obstétrica, promoviendo el respeto a los derechos reproductivos y la salud de las mujeres (FIGO, 2021).

En México, de acuerdo con la Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (ENDIREH), realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el año 2016, hay 8,743,987 mujeres de 15 a 49 años que tuvieron un parto en los últimos 5 años, de las cuales 2,921,514 que representa 33.4% manifestaron haber tenido incidentes (ENDIREH, 2016).

Entre los datos recabados se encuentran que el 11.2% fue objeto de gritos o regaños, el 10.3% recibió atención tardía por quejas, el 9.9% fue ignorado en sus preguntas y el 9.2% fue obligado a mantener una posición incómoda. Además, el 9.2% fue presionado para aceptar un dispositivo o cirugía anticonceptiva. Estos datos revelan la gravedad de la violencia obstétrica en México y la necesidad de abordar este problema para garantizar el respeto a los derechos reproductivos y la salud de las mujeres (ENDIREH, 2016).

Al tratarse de un tema cada vez más común, se han desarrollado formas de prevención de la violencia obstétrica, las cuales comprenden: informar a las mujeres sobre sus derechos, circular información sobre



Figura 2. **Derechos sexuales y reproductivos. Es necesario recibir información completa, precisa y actualizada sobre salud sexual y reproductiva. Secretaría de Salud. (2015).** Derechos sexuales y reproductivos (Gobierno de México): <https://www.gob.mx/salud/documentos/derechos-sexuales-y-reproductivos>

prácticas contrarias a los derechos humanos, educar sobre derechos humanos y reproductivos, y promover campañas sobre las diferentes opciones que pueden solicitar las mujeres en la atención de su embarazo, parto o puerperio (Zamudio, 2016).

Las funciones y obligaciones del Estado respecto a la VO incluyen que el personal de salud se abstenga de realizar procedimientos o administrar medicamentos sin justificación médica, no obligue a las mujeres a usar anticonceptivos, evite el uso de lenguaje ofensivo o discriminatorio, y se abstenga de amenazar a las mujeres para aceptar intervenciones o medicamentos innecesarios. También se debe evitar la realización rutinaria de prácticas consideradas perjudiciales e inútiles por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2014). Estas medidas deben ser implementadas a través de pláticas, cursos, congresos y campañas de concientización promovidas por organismos que protegen los derechos de las mujeres (INSP, 2018).

Desde el punto de vista legal, a nivel federal, la Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia de 2007 establece medidas para prevenir y erradicar la

violencia contra las mujeres, incluida la violencia obstétrica (Gov.Mx, 2007). A nivel estatal, la Ciudad de México (CDMX) cuenta con un proyecto de decreto desde mayo de 2020 para combatir la violencia obstétrica. Otros estados que han legislado sobre este tema son Veracruz, Colima, Guanajuato, Hidalgo, Coahuila, Chiapas, San Luis Potosí, Quintana Roo, Oaxaca, Chihuahua, Durango y Tamaulipas.

### Conclusiones

La violencia obstétrica, ejercida por profesionales de la salud en momentos de gran vulnerabilidad durante el parto, vulnera los derechos fundamentales de las mujeres, como la autonomía reproductiva, el trato digno y la no discriminación. Estos derechos, incluidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y en la Ley General de Salud, forman parte de los Derechos Sexuales y Reproductivos, que son esenciales en una sociedad justa e igualitaria.

Es imperativo que se legisle de manera efectiva sobre la violencia obstétrica, garantizando la capacitación del personal de salud que

atiende partos. Es necesario mantener la humanización en el trato con las pacientes, establecer medidas para controlar el estrés laboral del personal y prevenir cualquier forma de violencia de género.

Erradicar la violencia obstétrica requiere un compromiso firme con la igualdad de género y el respeto a los derechos humanos. Es un desafío que debe abordarse desde una perspectiva integral, transformando las estructuras y promoviendo una cultura de respeto y equidad en todos los ámbitos de la sociedad.

## Referencias

- Cucurella, M. B., & Tricas, J. G. (2017). *Bioética de la maternidad. Humanización, comunicación y entorno sanitario*. Edicions Universitat Barcelona.
- ENDIREH. Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares. (2016).  
<https://www.inegi.org.mx/programas/endireh/2016/default.html>
- FIGO. Federación Internacional de Ginecología y Obstetricia. (2021, septiembre). *FIGO Statement: Ethical Framework for Respectful Maternity Care During P*. <https://www.figog.org/resources/figo-statements/ethical-framework-respectful-maternity-care-during-pregnancy-and-childbirth>
- Gob.mx. Gobierno de México. (2007). Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia. <https://www.gob.mx/conavim/documentos/ley-general-de-acceso-de-las-mujeres-a-una-vida-libre-de-violencia-pdf>
- INSP. Instituto Nacional de Salud Pública (2018). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición*. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ensanut/2018/doc/ensanut\\_2018\\_diseno\\_conceptual.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ensanut/2018/doc/ensanut_2018_diseno_conceptual.pdf)
- INSP: Instituto Nacional de Salud Pública. (2020, 26 agosto). *La violencia obstétrica también es violencia contra la mujer*. <https://www.insp.mx/avisos/5138-dia-violencia-mujer-obstetrica.html>
- Jojoa-Tobar, E. C.-S.-R.-M.-B. (2019). Violencia obstétrica: haciendo visible lo invisible. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 135-146.
- Mir, J. R., & Gandolfi, A. M. (2021). La violencia obstétrica: una práctica invisibilizada en la atención médica en España. *Gaceta Sanitaria*, 35(3), 211-212. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.06.019>
- OMS. Organización Mundial de la Salud. (2014). Prevención y erradicación de la falta de respeto y el maltrato durante la atención del parto en centros de salud. <https://www.who.int/es/publications/i/item/WHO-RHR-14.23>
- SS. Secretaría de Salud (04 de septiembre de 2015). *Derechos sexuales y reproductivos*. <https://www.gob.mx/salud/documentos/derechos-sexuales-y-reproductivos>
- Zamudio, M. T. T. (2016). Propuesta para la prevención y atención de violencia institucional en la atención obstétrica en México. *Revista Conamed*, 21(1), 48-54.

# Liberación controlada de moléculas bioactivas a través de estructuras inorgánicas: aplicaciones farmacológicas

## Controlled release of drugs through hybrid structures: biophysical applications

Martha Angélica Lemus Solorio<sup>1</sup>, José Luis Rivera Rojas<sup>1</sup>  
y Roberto Guerra González<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas "Mat. Luis Manuel Rivera Gutiérrez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Química, UMSNH, Morelia, Mich., México.  
Contacto: roberto.guerra@umich.mx

**Resumen.** En el presente trabajo se pretende dar a conocer de manera sintetizada, los fundamentos del estudio de uno de los temas de tesis desarrollados en el Programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Física de la UMSNH, con el estudio de materiales híbridos, tipo hidrotalcitas sintéticas y su aplicación en la liberación/adsorción de moléculas bioactivas (fármacos).

**Palabras clave:** materiales, moléculas, funcionalización, aplicaciones.

**Abstract.** In the present work we intend to present in a synthesized way, the fundamentals of the study of one of the thesis topics developed in the Master of Science Program in Engineering Physics of the UMSNH, with the study of hybrid materials, synthetic hydrotalcites type and their application in the release/adsorption of bioactive molecules (drugs).

**Keywords:** materials, molecules, functionalization, applications.



Figura 1. Fármacos. Fuente: Bradbury (2013).

## Introducción

Los sistemas de liberación controlada de medicamentos fueron concebidos debido a la necesidad de una terapia local y actualmente van adquiriendo cada vez más importancia debido a las diversas ventajas que presentan. Entre tales ventajas se encuentran las siguientes: Se logra una administración local del fármaco.

La acción del principio activo es más efectiva, ya que a diferencia de la administración por vía oral o por perfusión, los virus u organismos extraños son atacados directamente.

Evita segundas intervenciones

Se logra un mayor control de la enfermedad en cuestión. (Grenier et al, 1994)

Reducción en la dosis y la frecuencia de administración.

Reducción de las fluctuaciones del nivel de fármaco en sangre. (Collet et al, 2002)

Y se preguntarán ¿podemos introducir cualquier material en nuestro cuerpo y esperar que libere fármacos? La respuesta es, no. No funciona de esa

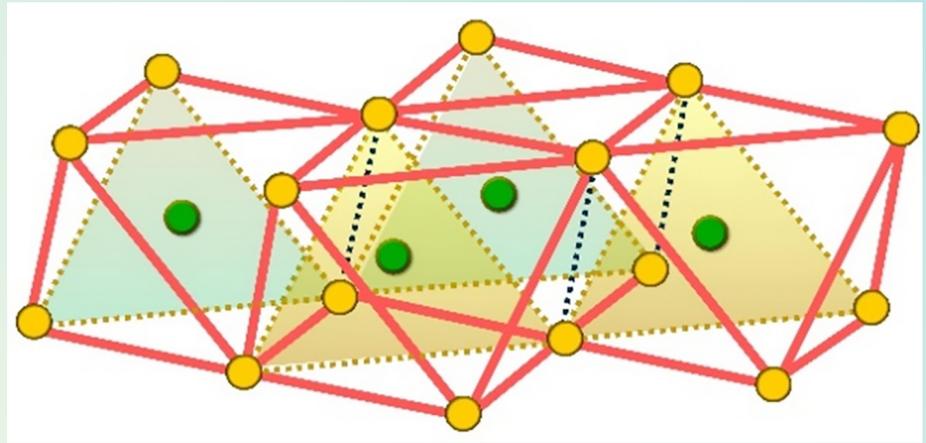


Figura 3. Lamina tipo brucita correspondiente a un HDL. (Elaboración propia)

manera, para ello los materiales deberán ser biocompatibles.

Y podemos interpretar la biocompatibilidad de un material como la aceptabilidad biológica del material por el organismo. Cuando un biomaterial es biocompatible entonces lo llamamos biomaterial (Piña, 2010)

Un ejemplo de materiales que dependiendo sus componentes de síntesis tienden a ser biocompatibles son los Hidróxidos dobles laminares (estructuras sintéticas formadas por láminas de hidróxidos metálicos cargadas positivamente que son estabilizadas con aniones interlaminares [Martínez et al, 2012]). En los últimos años ha incrementado el

estudio de los HDL como materiales funcionales en una basta cantidad de aplicaciones en que van desde la agricultura, la industria (catálisis, adsorción, farmacéutica y primeros), la medicina y otras más. Cabe destacar que las estructuras tipo hidrotalcita son poco comunes en la naturaleza, mientras que a nivel laboratorio e industrial su síntesis es relativamente sencilla y de bajo costo (Martínez et al, 2012)

Estos materiales, llamados también tipo Hidrotalcitas sintéticas, siendo analizados desde la perspectiva de la química de materiales, cuentan con una estructura que se describe a partir de la estructura del hidróxido de magnesio,  $Mg(OH)_2$ , comúnmente llamado brucita. En la brucita las unidades básicas son láminas con cationes  $Mg^{2+}$  localizados en el centro y coordinados octaédricamente por seis grupos  $OH^-$  (Martínez et al, 2012).

En relación a los aniones interlaminares, usualmente se tiene el contra-anión que proviene de la sal utilizada para la síntesis del HDL. Sin embargo, es posible modificar la composición de esta región intercalando otro tipo de iones o moléculas para estructurar un HDL con nuevas o mejores propiedades. (Martínez et al, 2012)

Para definir el panorama de estudio y el tipo de materiales utilizados, recordemos que, según la IUPAC, un material híbrido es un material compuesto por una mezcla íntima de componentes inorgánicos, componentes orgánicos o ambos, los cuales generalmente, se interpenetran en escalas menores a  $1 \mu m$  (IUPAC, 2014). Se definen también como la asociación de una matriz nanoestructurada orgánica-inorgánica, incluidas las matrices

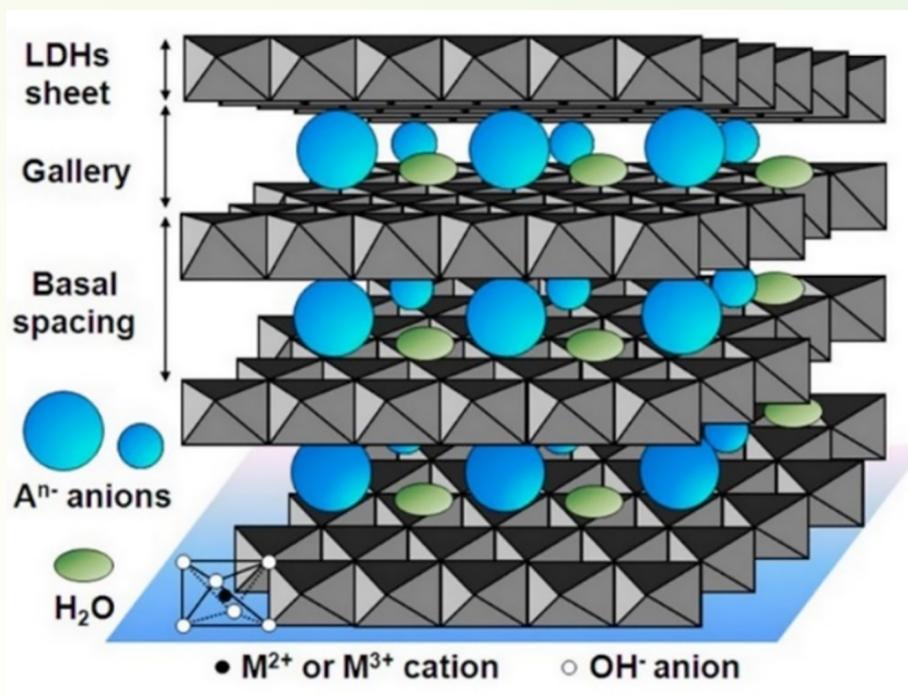


Figura 2. Composición de los HDL. Fuente: (Bi et al, 2014).

metal-orgánicas (Di Nunzio et al; 2014), que involucran una contraparte orgánica de origen biológico (Alcántara et al; 2010). La finalidad de sintetizarlos surge de la necesidad de encontrar diferentes opciones de protección, almacenamiento o liberación para los aniones encapsulados, particularmente para moléculas con actividad biológica que requieren mantenerse en determinadas condiciones ambientales que minimicen su degradación química causada por factores externos o por degradación enzimática.

La intercalación y funcionalización de HDLs son términos que con frecuencia se utilizan para hacer referencia a la introducción (principalmente) de especies orgánicas entre las láminas. (Martínez et al, 2012). Un proceso de intercalación consiste en la introducción de iones (Khan et al, 2002) o moléculas sin carga (Carlino, 1997) entre las láminas de un HDL.

Los HDL presentan interés en diversas áreas de aplicación, incluyendo su empleo como carga de polímeros, como sustrato para cromatografía, como antiácido, como soporte o agente para la liberación controlada de fármacos y pesticidas, como sustrato para inmovilización de enzimas, como precursores de materiales magnéticos o de catalizadores, como adsorbentes de colorantes, captadores de especies contaminantes, fluoruros, ácidos y gases como el dióxido de carbono y óxidos de azufre y de nitrógenos, así como en la protección contra la corrosión (Gu, et al., 2015).

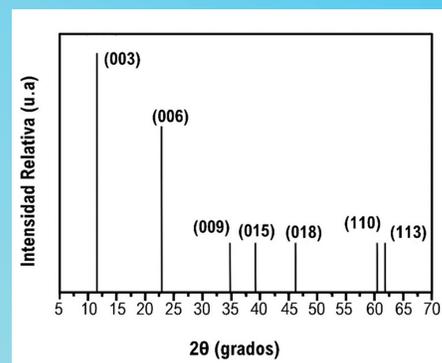
Los materiales LDH se pueden intercalar con aniones orgánicos o

inorgánicos para neutralizar la carga de la capa.

Cabe destacar que el área médica y biológica han sido el enfoque de intensas investigaciones en años recientes. En un principio, los HDL encontraron aplicaciones un tanto sencillas como medicamentos antiácidos. Sin embargo, al aumentar la compresión de su estructura y propiedades tuvieron aplicaciones más sofisticadas, utilizándose mayormente como matrices hospederas de moléculas con actividad biológica (Martínez et al, 2012)

En el área farmacéutica, los HDL mejoran los procesos de disolución de fármacos hidrofóbicos (Perioli et al, 2011), participan en procesos de liberación controlada (Ribeiro, 2009). Gracias a que la liberación de moléculas dentro de los HDL es potencialmente controlable, estos materiales se han convertido en matrices prometedoras en el campo farmacéutico, además de retener biomoléculas, fármacos en el espacio interlaminar, es posible introducir material genético (Xu et al, 2006). Para las aplicaciones biológicas, los cationes se seleccionan para evitar la toxicidad en sistemas vivos, siendo común utilizar  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  para formar las láminas, que han resultado en HDL con buena biocompatibilidad, baja toxicidad y capacidad de protección completa para el fármaco (Choi, 2008).

Hace algunas décadas (Choy et al, 2000) abordaron en su investigación la eficiencia en la captación celular de moléculas células u órganos de mamíferos es mejorada con sistemas



híbridos. La neutralización de cargas facilita la penetración intracelular por endocitosis al reducir las interacciones repulsivas de carácter electrostático entre las membranas celulares cargadas negativamente y biomoléculas aniónicas. Una vez dentro de las células, las láminas se desintegran de forma gradual en el lisosoma. Al mismo tiempo, las moléculas interlaminares se reemplazan por otros electrolitos intracelulares, promoviendo con esto la liberación del anión en el interior de la célula (Martínez et al, 2012).

Algunos estudios farmacológicos in vitro muestran que la intercalación en HDLs de la Indometacina, fármaco utilizado como antiinflamatorio, pero con importantes efectos secundarios gastrointestinales reduce el daño ulcerativo del fármaco. (Del Arco et. al, 2003). Por su parte tenemos las aportaciones sobre las ventajas potenciales sobre la quimioterapia, del uso de estos materiales como nanopartículas recubiertas de polímero encapsuladas con metotrexato para el tratamiento del osteosarcoma, que es un tipo de cáncer que comienza en las células que forman los huesos (Sayantan et. al 2016)

Los estudios sobre los efectos antiinflamatorios de las moléculas también se han centrado en especies bioactivas de origen vegetal considerando sus reconocidos efectos beneficiosos para la salud. (Rahman, 2022). Entre las categorías de fitoquímicos, los ácidos fenólicos como los ácidos hidroxicinámicos y sus derivados se han destacado por sus importantes propiedades biológicas (Contardi et. al, 2021)

Otro de los estudios, mencionan la encapsulación de fitoquímicos fenólicos y su posible efecto antiinflamatorio debido a su baja tasa de absorción, baja

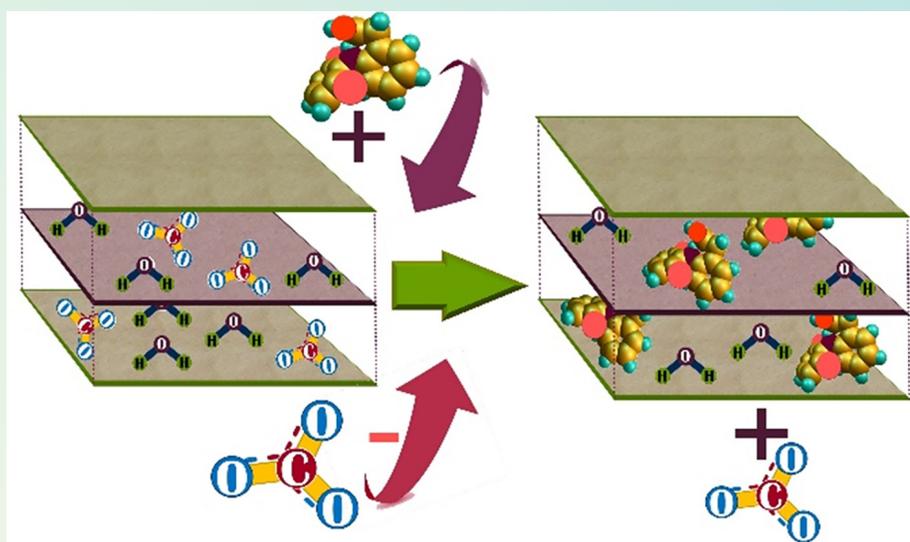


Figura 4. Representación gráfica de la intercalación de molécula de fármaco en HDL. (Elaboración propia)

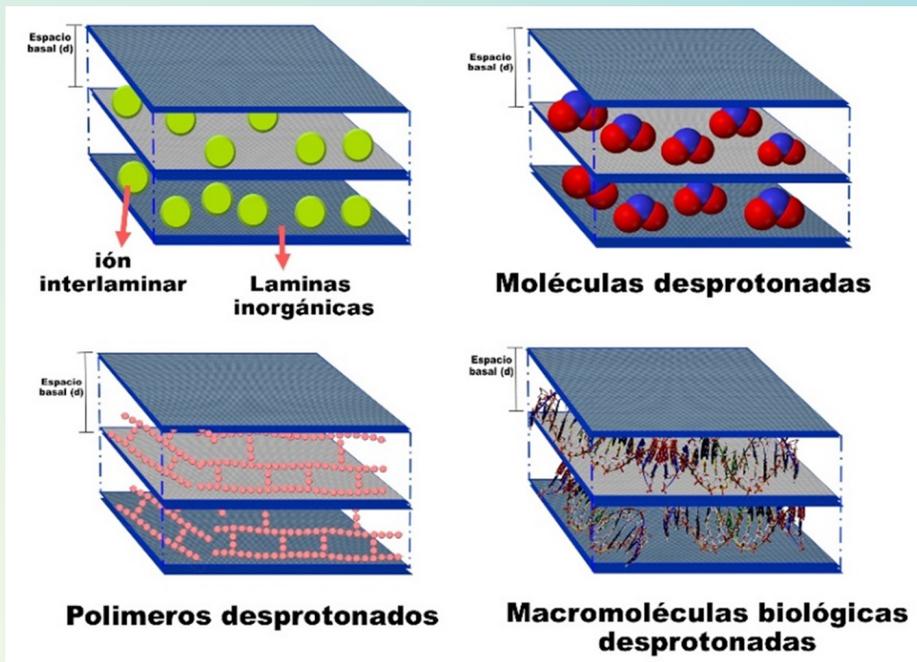


Figura 5. Patrón de Difracción de Rayos X de un HDL (JCPDS). Fuente: (Scheckel et. al., 2000)

biodisponibilidad y estabilidad reducida en el organismo. La evaluación farmacológica del mecanismo por el cual el Cumarato ejerce actividades antiinflamatorias y analgésicas en intercalación de hidrotalcitas sintéticas. (Guihlherme et. al, 2022)

Para cuantificar las propiedades fisicoquímicas y texturales de los HDL se utilizan técnicas de caracterización tradicionales como la Difracción de Rayos X (DRX) y otras más como lo son el análisis elemental, análisis térmico diferencial (ATD), análisis termogravimétrico (ATG), calorimetría de escaneo diferencial (CED), resonancia magnética nuclear (RMN) y paramagnética electrónica (RPE), las microscopías electrónicas de barrido (MEB), de transmisión (MTE) y las espectroscopías UV-vis, Infrarrojo con transformadas de Fourier (IR-TF) y Raman.

La selección de las técnicas de caracterización a llevar a cabo dependerá de la información que se desee obtener o de las propiedades que se necesiten para una determinada aplicación. A continuación, podemos observar el patrón de Difracción por rayos X del JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards): 22-0700 correspondiente a un HDL, de donde es posible obtener información acerca de las propiedades físicas como los ejes cristalográficos y por ende el espacio

interlaminar en donde se depositan los aniones o moléculas. (Scheckel et. al, 2000).

### Conclusiones

Los HDL son materiales de obtención sencilla y económica que pueden ser una opción como soporte para múltiples objetivos, en las áreas de biofísica y farmacología existen retos acordes a la actualidad, que exigen innovar en la tarea de investigación de materiales con aplicaciones en la salud humana. Las estructuras de los HDL como portadores de fármacos, proteínas, y con modificaciones nanotecnológicas o de

encapsulación con biopolímeros han demostrado notables resultados en su aplicación con fines de ampliar el estudio de dichos materiales.

### Bibliografía

Alcántara A.C.S., Aranda P., Darder M., Ruiz-Hitzky E., (2010). Bionanocomposites based on alginate-zein/layered double hydroxide materials as drug delivery systems, *J. Mater. Chem.* 20 9495–9504.

Bi, X.; Zhang, H.; Dou, L. (2014). Layered Double Hydroxide-Based Nanocarriers for Drug Delivery. *Pharmaceutics*, 6, 298-332. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24940733/>

Bradbury P., Getty Images. en Girdwain J. (2013). Sus medicamentos pueden tener efectos secundarios beneficiosos. AARP. <https://www.aarp.org/espanol/salud/farmacos-y-suplementos/info-06-2013/beneficios-medicamento-efectos-secundarios-positivos.html>

Carlino S.; (1997). The intercalation of carboxylic acids into layered double hydroxides: A critical evaluation and review of different methods. *Solid State Ionics*, 98, 73-84.

Choi S., Oh J., Choy J.; (2008). Human-related application and nanotoxicology of inorganic particles: Complementary aspects. *J. Mater. Chem.*, 18, 615-620.

Choy J., Kwak S., Jeong Y., Park J.; (2000). Inorganic layered double hydroxide as nonviral vectors. *Angew Chem. Int. Ed.*, 39, 4042-4045.

Collett, J., Moreton, C. Modified-release peroral dosage forms. En: *Pharmaceutics, the science of dosage form design*. Aulton, M.E. Ed.; Churchill Livingstone Elsevier Science Limited. España. 2002; Pág. 290-305.

Contardi, M.; Lenzuni, M.; Fiorentini, F.; Suma, M.; Bertorelli, R.; Suarato, G.; Athanassiou, A. Formulaciones de ácidos hidroxycinámicos y derivados para daños y trastornos de la piel: una revisión. *Productos farmacéuticos 2021*, 13, 999.

Del arco M., Cebadera E., Gutiérrez S., Martín C., Montero M.J., Rives V., Rocha J., Sevilla M.A.



Figura 6. Representación de efecto de los fármacos en bacterias. Fuente: Ordoñez (2023)

(2004); Mg,Al Layered Double Hydroxides with Intercalated Indomethacin: Synthesis, Characterization, and Pharmacological Study. JOURNAL OF PHARMACEUTICAL SCIENCES, VOL. 93, NO. 6, JUNE 2004. Inc. and the American Pharmacists Association.

Di Nunzio M.R., Agostoni V., Cohen B., Gref R., Douhal A., A (2014). Strategy to load a hydrophilic anticancer drug in porous metal organic framework nanoparticles: Efficient encapsulation, matrix stabilization, and photodelivery, Ship in a bottle|| J. Med. Chem. 57 411–420.

Genier L., González R.; (1994). Sistemas biomaterial-droga para la liberación controlada de antibióticos. Biomédica; 14:30-38 <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/download/2083/2117/>

Gu, Z., Atherton, J. & Xu, Z., (2015). Hierarchical layered double hydroxide nanocomposites: structure, synthesis and applications. Chemical Communications, Volume 51, pp. 3024-3036.

Guilherme, V.A.; Cunha, V.R.R.; de Paula, E.; de Araujo, D.R.; Constantino, V.R.L. (2022). Anti-Inflammatory and Analgesic Evaluation of a Phytochemical Intercalated into Layered Double Hydroxide. Pharmaceutics 2022, 14, 934. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14050934>

Iupac, IUPAC Gold Book - hybrid material, (2014).

Khan A, O'Hare D. (2002). Intercalation chemistry of layered double hydroxides: recent developments and applications. J. Mat. Chem., 12, 3191-3198.

Martínez D. R., Carbajal G. G.; (2012). Hidróxidos dobles laminares: arcillas sintéticas con aplicaciones en nanotecnología, Avances en Química, 7(1), 87- 99.

<https://biblat.unam.mx/hevila/Avancesenquimica/2012/vol7/no1/9.pdf>

Ordoñez R., (2023). Se buscan antibióticos contra la amenaza de la resistencia bacteriana. EL INDEPENDIENTE febrero 2023. <https://www.elindependiente.com/vida-sana/salud/2023/02/06/se-buscan-antibioticos-contra-la-amenaza-de-la-resistencia-bacteriana/>

Perioli L., Ambrogi V., Di Nauta L., Nocchetti M., Rossi C.; (2011). Effects of hydrotalcite-like nanostructured compounds on biopharmaceutical properties and release of BCS class I drugs: The case of flurbiprofen. Appl. Clay Sci., 51, 407-413.

Piña Barba M.C.; (2010). "Los biomateriales y sus aplicaciones". Revista casa del tiempo UAM, numero 28, 55-58 pp. [https://www.uam.mx/difusion/casadeltiempo/28\\_iv\\_feb\\_2010/casa\\_del\\_tiempo\\_eIV\\_num28\\_55\\_58.pdf](https://www.uam.mx/difusion/casadeltiempo/28_iv_feb_2010/casa_del_tiempo_eIV_num28_55_58.pdf)

Rahman, M.; Rahman, S.; Islam, R.; Rahman, F.; Mithi, FM; Alqahtani, T.; Almkilafi, MA; Alghamdi, SQ; Alruwaili, AS; Hossain, S.; et al. Papel de los compuestos fenólicos en las enfermedades humanas: conocimientos actuales y perspectivas futuras. Moléculas 2022, 27, 233.

Ribeiro C., Arizaga G., Wypych F., Sierakowski M.; (2009). Nanocomposites coated with xyloglucan for drug delivery: In vitro studies. Int. J. Pharmaceutics, 367, 204–210.

Sayantan R., Suman S., Biswanath S. & Jui C. (2017); In vivo pharmacological evaluation and efficacy study of methotrexate-encapsulated polymer-coated layered double hydroxide nanoparticles for possible application in the treatment of osteosarcoma. Drug Deliv. and Transl. Res. DOI 10.1007/s13346-016-0351-6

Scheckel K.G., Scheinost A.C., Ford R.G., Sparks D., Geochim. (2000). Cosmochim. Acta, 64, 16, 2727.

Xu Z., Lu G.; (2006). Layered double hydroxide nanomaterials as potential cellular drug delivery agents. Pure Appl. Chem., 78, 1771-1779.



Figura 1. Plantación de Agave sp. de la región de Cuitzeo, Mich., (Propiedad de los autores).

## La importancia del metabolismo CAM en la familia *Agavaceae*

### *The importance of CAM metabolism in the Agavaceae family*

Pedro Giovanni Lemus-Díaz<sup>1</sup> Yadira Belmonte-Izquierdo<sup>2</sup> y Juan Carlos González-Hernández<sup>3\*</sup>

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia, Morelia, Mich., México  
Contacto: [juan.gh@morelia.tecnm.mx](mailto:juan.gh@morelia.tecnm.mx)

**Resumen.** En el presente artículo se mencionan generalidades del metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM) en las plantas de la familia *Agavaceae*, así como sus características vegetales y las diferencias con otras rutas metabólicas. El metabolismo CAM es una adaptación vegetal de los agaves para soportar las condiciones adversas de los climas del ambiente donde crecen y se desarrollan, por esta razón que ha sido de interés para los científicos conocer su influencia sobre la fisiología y el proceso de fotosíntesis.

**Palabras clave:** CAM, plantas, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

**Abstract.** In this article, generalities of the Crassulaceae acid metabolism (CAM) in plants of the *Agavaceae* family are mentioned, as well as its plant characteristics and the differences with other metabolic routes. CAM metabolism is a plant adaptation of agaves to withstand the adverse conditions of the climates of the environment where they grow and develop, for this reason it has been of interest to scientists to know its influence on physiology and the photosynthesis process.

**Keywords:** CAM, plants, dioxide of carbon (CO<sub>2</sub>)

La familia de las plantas *Agavaceae* son plantas que se pueden adaptar fácilmente a las condiciones de aridez (Domínguez *et al.*, 2008); destacando el género *Agave* (Figura 1), el cual acapara la atención debido a sus aplicaciones biotecnológicas (producción de bebidas alcohólicas, sustrato para la producción de biopolímeros y biocombustibles, obtención de prebióticos, saponinas, azúcares, compuestos fenólicos, fibras como Henequén y enzimas) (Eguarte *et*

*al.*, 2021; González *et al.*, 2005; Velázquez *et al.*, 2012). El género agave posee alrededor de 211 especies, de las cuales 159 se encuentran en México, es decir 75% del total, sin embargo, la especie más sobre explotada debido a su baja variabilidad genética es la de *Agave tequilana*, utilizada para la producción de bebidas alcohólicas destiladas, dejando de lado a otras especies, aunque actualmente, especies utilizadas para la producción de mezcal han incrementado su cultivo y uso,

(Machorro, 2018; Eguiarte *et al.*, 2021). Las especies de la familia *Agavaceae* son parecidas en su forma y desarrollo, se conforman de una roseta basal de hojas gruesas y carnosas, poseen raíces profundas, cutícula gruesa, hojas suculentas con espinas y estomas hundidos (García, 2012; Domínguez *et al.*, 2008). México es el origen de la diversidad natural de los agaves, los cuales se encuentran distribuidos a lo largo de su demografía, ecosistemas áridos y semiáridos (Esqueda *et al.*, 2011). Como respuesta a los climas adversos donde crecen, los agaves desarrollaron adaptaciones vegetales, como el metabolismo CAM el cual permite resistir las condiciones de sequía y estrés hídrico (Vázquez, 2010). Sin embargo, a pesar del CAM, existen factores que influyen en los procesos fisiológicos y de fotosíntesis de la familia *Agavaceae*, así como en su respiración, determinando la cantidad de azúcares que se forman en sus hojas (Casierra y González, 2009).

### ¿Qué es el CAM, cómo se lleva a cabo y para qué sirve?

El metabolismo CAM es una adaptación fisiológica que poseen algunas plantas para soportar el estrés ambiental en climas donde se tiene baja disponibilidad de agua, como en zonas áridas y semiáridas o de dióxido de carbono en ambientes acuáticos (Vázquez, 2010). Las plantas CAM tienen la característica de abrir sus estomas (células porosas por donde respiran las plantas), que realizan la respiración durante la noche para permitir el metabolismo, de tal modo que minimizan la pérdida de agua por transpiración, cosa que, si hicieran en el día, les ocasionaría una pérdida de agua considerable debido a las altas temperaturas, por lo que es crucial para su supervivencia. El metabolismo CAM representa desde el punto de vista biológico, el metabolismo fotosintético más importante para la supervivencia de las plantas de la familia *Agavaceae*, debido a los beneficios que les otorga, sin embargo, también limita su velocidad de crecimiento, aunque sin afectar negativamente a los organismos vegetales (Ruiz, 2014; Casierra y González, 2009; Olmedilla *et al.*, 2010).

A diferencia de la mayoría de las plantas, los agaves que presentan el metabolismo CAM, durante la noche

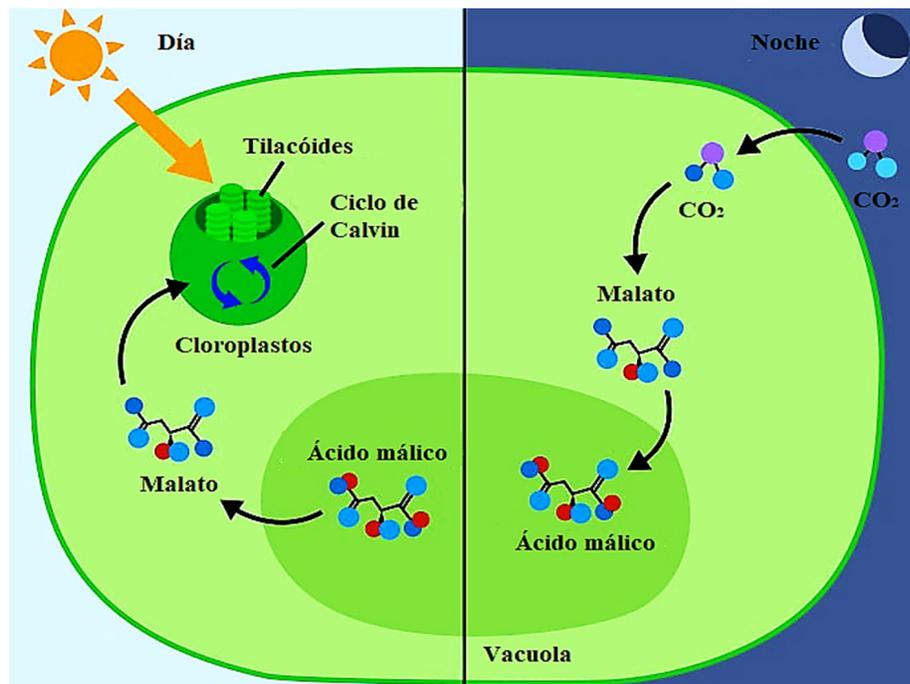


Figura 2. Metabolismo CAM en las células de las plantas (Tomado y modificado de Kropp y Halasey, 2017).

absorben  $\text{CO}_2$  y producen malato (compuesto químico de 4 carbonos), que se almacena en las células de la planta como ácido málico, aunque también se pueden encontrar ácidos derivados de isocitrato, fumarato, y succinato, razón por la que estas plantas durante la noche presentan un sabor ácido. Una vez llegado el día los agaves transforman el ácido málico para que el  $\text{CO}_2$  entre al ciclo de Calvin (ciclo de síntesis de carbohidratos para alimento de la planta) (Figura 2) (Ruiz, 2014; Vázquez, 2010). Este complejo proceso es mejor representado por medio de varias etapas, 3 durante la noche y 3 durante el día:

**Durante la noche.** (1) El fosfoenolpiruvato (PEP) absorbe el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera a partir de azúcares que se encuentran disponibles; (2) el  $\text{CO}_2$  es fijado por la enzima fosfoenolpiruvato-carboxilasa (PEPC) y se comienza a producir el ácido málico; (3) el ácido málico es almacenado en las células de la planta.

**Durante el día.** (1) Se libera el ácido málico en forma de sal; (2) el malato pierde una molécula de carbono (descarboxilación) y se libera  $\text{CO}_2$ , formando piruvato necesario para el metabolismo; (3) el  $\text{CO}_2$  liberado es asimilado por la enzima ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa oxigenasa (rubisco) y llevado al ciclo de Calvin para producir carbohidratos para la planta y de este modo alimentarse

generando energía de la producción (Andrade *et al.*, 2007).

### La fotosíntesis y el CAM

La fotosíntesis es la vía natural que usan las plantas para asimilar  $\text{CO}_2$  y alimentarse. Consiste en la transformación de la energía solar a energía química y se lleva a cabo en 2 fases principales 1) las plantas absorben luz solar, agua y  $\text{CO}_2$  y 2) el  $\text{CO}_2$  es transformado a carbohidratos y oxígeno mediante enzimas. El metabolismo CAM puede cambiar la fotosíntesis de absorción de  $\text{CO}_2$  a nocturna y viceversa (Vázquez, 2010). La fotosíntesis varía dependiendo del tipo de planta y de su tipo de ruta metabólica, existiendo principalmente 3 rutas:  $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$  y CAM. Se caracterizan por lo siguiente:

**Ruta  $\text{C}_3$ .** Alrededor del 90% de las plantas presentan esta ruta, utilizan la ruta de fotosíntesis que involucra el ciclo de Calvin Benson.

**Ruta  $\text{C}_4$ .** Tuvo su origen en varios grupos de plantas a la vez (polifilético), surgió hace millones de años como consecuencia de la baja concentración de  $\text{CO}_2$ , ejemplos de la evolución de estas plantas son el maíz (*Zea mays*) y la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Se diferencian de las plantas con metabolismo  $\text{C}_3$  por su anatomía especial, ya que tienen una forma redondeada como una corona que les brinda la oportunidad de metabolizar el

CO<sub>2</sub> más fácil, por medio de una enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPcase) donde se produce malato, el cual luego es descompuesto a CO<sub>2</sub> y se incorpora al ciclo de Calvin Benson por una reacción química con la enzima rubisco (Vázquez, 2010).

Las plantas CAM se desarrollaron a partir de las angiospermas (plantas con flor) y se diversificaron hace millones de años a modo polifilético de las plantas C<sub>3</sub>, como consecuencia de la disminución del CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Existe evidencia evolutiva de plantas intermedias C<sub>3</sub> – CAM, es decir, que usaban ambas rutas metabólicas, y a medida que pasaban las eras fueron diversificándose y adaptándose a nuevos ambientes, como evidencia de ello el CAM se encuentra en plantas prehistóricas como los pteridófitos (plantas que se reproducen mediante esporas), gimnospermas (plantas que producen semillas sin necesidad de fruto) y angiospermas, abarcando a 33 familias y 328 géneros. Es impresionante como las plantas CAM se desarrollaron y diversificaron desde eras tan antiguas como el mioceno prehistórico, a tal punto que algunas de las plantas con metabolismo C<sub>3</sub> se convirtieron completamente en CAM, por lo que ha sido todo un proceso evolutivo para formar a las plantas que se conocen ahora con metabolismo CAM, siendo la más popular los agaves (Geydan y Melgarejo, 2005; Moreno *et al*, 2015; White, 2015)

### Diferencias entre las plantas con metabolismo C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> y CAM

Para comprender mejor a las plantas CAM, es necesario comprender que son una adaptación de las plantas para resistir ambientes hostiles, dichas plantas se diferenciaron de las plantas con metabolismo C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> (plantas más comunes), ya que, las plantas CAM absorben el CO<sub>2</sub> en ácidos orgánicos de 4 carbonos, y lo fijan durante el día en el ciclo de Calvin, además, sus estomas minimizan su respiración al estar cerrados de día y abiertos de noche, por lo tanto, las plantas CAM utilizan eficientemente el agua, de 5 a 10 veces más que en las plantas C<sub>4</sub>, lo que les otorga ventaja competitiva para aprovechar los nutrientes. Las plantas con metabolismo C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> también se diferencian de las plantas CAM, no solo por su acumulación de ácidos, sino por presentar diferente acumulación de

carbohidratos como: almidón, glucanos o hexosas. Por otro lado, las plantas CAM, poseen en sus tejidos a las células parenquimáticas en empalizada o lagunares, conocidas como mesófilo. Las células en empalizada realizan la fotosíntesis mientras que los lagunares actúan como el medio de transporte del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), como si se fuese un taxi de CO<sub>2</sub>, ambas son células alargadas, cubicas y continuas; las empalizadas son cercanas y rellenan los huecos entre los tejidos de las plantas como si se tratase de postes o una reja de madera, a diferencia de los lagunares que tienen más espacios entre sí (Figura 3). Su función es acumular agua, y proteínas, pudiendo almacenar más agua que las plantas C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> para obtener más energía y resistir las sequías prolongadas. (Geydan y Melgarejo, 2005; Contreras, 2018).

### Ventaja del metabolismo CAM en los agaves

En México, se tienen muchas regiones con climas cálidos y secos, donde la deficiencia de agua, las elevadas temperaturas y los suelos ricos en sales, son factores adversos para el desarrollo de los cultivos, siendo el de mayor impacto el déficit de agua para la fotosíntesis de las plantas. Las especies de la familia *agavaceae* más eficientes para el uso del agua que las plantas con metabolismo C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub>, como el frijol y el maíz respectivamente. En este sentido, cultivar agaves como: el *Agave salmiana Otto ex Salm-Dyck* o el *Agave tequilana Weber*, representan una muy excelente alternativa, puesto que son muy utilizados, sobre todo para la producción de bebidas alcohólicas a gran escala (Ruiz *et al*, 2007). Además, las plantaciones de agave poseen la ventaja, de que debido al metabolismo

CAM, pueden prosperar durante periodos de sequía de hasta 6 meses sin necesidad de riego (Pimienta *et al*, 2005).

### Conclusión

El metabolismo CAM es quizá el metabolismo fotosintético más relevante para las plantas de la familia *Agavaceae*, no solo por sus ventajas benéficas a dichas plantas, sino también a que este les permite sobrevivir a las condiciones adversas donde crecen y se desarrollan. Además, su nivel de complejidad otorga una pauta acerca de la evolución de ciertas especies vegetales para adaptarse a ambientes desfavorables y a la necesidad de asegurar su especie sin comprometer el medio ambiente que les rodea, aunque esto implique limitar su crecimiento. Por otro lado, la evolución de las plantas C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> a lo que ahora se conoce como plantas CAM abrió la puerta a nuevas investigaciones para conocer la evolución de las especies vegetales en los ecosistemas, destacando las especies del género agave por su elevado potencial biotecnológico y sus aplicaciones en la industria alimenticia y nutracéutica, siendo una base fundamental para el desarrollo de nuevos subproductos cada vez más variados, tales como la producción de bebidas alcohólicas; biopolímeros, biocombustibles, azúcares, prebióticos, sustancias saponinas, entre otros. Es por ello, que los agaves tienen una gran importancia en los lugares donde se desarrollan, destacando México, como centro de diversificación y mayor cantidad de especies de agaves de todo el mundo, los cuales sin importar la especie pueden aprovecharse en su totalidad como materia prima para diversas aplicaciones, ayudando a

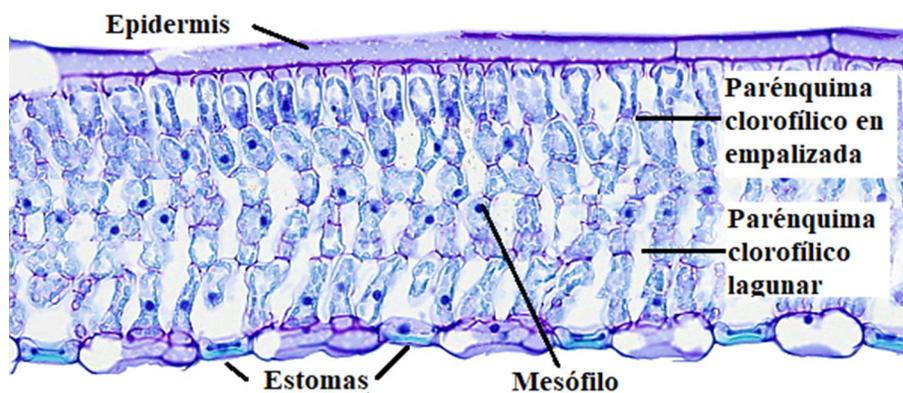


Figura 3. Estructuras del tejido celular de las plantas CAM (Tomado de Megías et al, 2022).

contribuir a la supervivencia de especies que no son utilizadas o que son poco conocidas, para mantener la enorme diversidad genética de la familia *agavaceae*.

## Referencias

- Andrade, J., De la Barrera, E., Reyes, C., Ricalde, M., Soto, G., & Cervera, J. (2007). El metabolismo ácido de las crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (81), 37-50.
- Casierra, F., & González, D. (2009). Cambio circadiano de pH y acidez titulable en la savia de fique (*Furcraea castilla* y *F. macrophylla*). *Orinoquia*, 13(1), 5-13.
- Contreras, R. (2018). Tejidos vegetales: Parénquima en empalizada. De la guía, sitio web: <https://biologia.laguia2000.com/histologia/tejidos-vegetales-parenquima-en-empalizada>
- Domínguez, M., González M., Rosales, C., Quiñones, C., Díaz de León, S., Mireles, S., & Pérez, E. (2008). El cultivo *in vitro* como herramienta para el aprovechamiento, mejoramiento y conservación de especies del género *Agave*. *Investigación y Ciencia*, 41: 53-62.
- Eguarte, L., Jiménez, O., Aguirre, E., Scheinvar, E., Gámez, N., Gasca, J., Castellanos, G., Moreno, A., & Souza, V. (2021). Evolutionary ecology of *Agave*: distribution patterns, phylogeny, and coevolution (an homage to Howard S. Gentry). *American Journal of Botany*, 108(2):216-235.
- Esqueda, M., Coronado, M., Gutiérrez, A., & Fragoso T. (2011). *Agave angustifolia* Haw. Técnicas para el transplante de vitroplantas a condiciones de agostadero. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México 20 p
- García, A. (2012): México, país de magueyes. De "La jornada del campo", del diario La Jornada (México), pág. 4, sitio web: <https://www.jornada.com.mx/2012/02/18/cam-pais.html>
- Geydan, T., & Melgarejo, L. (2005). Metabolismo ácido de las crasuláceas. *Acta Biológica Colombiana*, 10(2), 3-16.
- González, Y., González, O., & Nungaray, J. (2005). Potencial del bagazo de agave tequilero para la producción de biopolímeros y carbohidrasas por bacterias celulolíticas y para la obtención de compuestos fenólicos. *E-Gnosis*, (3), 0.
- Kropp, H., & Halasey, A. (2017). Plantas CAM, (Mariana Grizante, Trans.). ASU - Pregúntele a un biólogo. Sitio web: <https://askabiologist.asu.edu/plantas-cam>
- Machorro, J. (2018). Descubren 4 nuevas variedades de agave en México. De Mi Ambiente, sitio web: <https://www.miambiente.com.mx/campus/descubren-4-nuevas-variedades-de-agave-en-mexico/>
- Moreno, J., Pataro, L., & Pajarón, S. (2015). Atlas de los pteridófitos de la península ibérica e islas baleares. *Acta Botánica Malacitana*, 40, 5-55.
- Olmedilla, A., Alché, J., & Rodríguez, M. (2010). Identificación histológica y ultraestructural de plantas C4 y CAM. <http://hdl.handle.net/10261/39651>
- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. (2023). Atlas de histología vegetal y animal. [http://mmegias.webs.uvigo.es/1-vegetal/v-imagenes-grandes/parenquima\\_clorofilico.php](http://mmegias.webs.uvigo.es/1-vegetal/v-imagenes-grandes/parenquima_clorofilico.php)
- Pimienta, E., Zañudo, J., Nobel, P., & García, J. (2005). Respuesta fisiológica a factores ambientales del agave azul (*Agave tequilana* Weber). *Scientia-CUCBA*, 7(2), 85-97.
- Ruiz, M. (2014). Variación de la fotosíntesis cam en dos especies de agave por el desarrollo y el ambiente. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3457>
- Ruiz, G., Peña, C., Trejo, L., & Sánchez, A. (2007). Reacción fisiológica del maguey (*Agave salmiana* Otto ex *Salm-Dyck*) a la sequía intermitente. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 24(1), 318-325.
- Vázquez, E. (2010). Cambios de acidez en hojas del maguey *Agave salmiana* Otto Ex *Salm-Dyck* dependientes de la edad de la hoja y la planta. <http://hdl.handle.net/10521/164>
- Velázquez, G., Mateos, J., Flores, J., & Camacho, R. (2012). Producción de fructanhidrolasas fúngicas con especificidad sobre fructanos de agave. <http://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/239>
- White, L. (2015). Angiospermas. Universidad Autónoma del Estado de México. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/32141/secme-17406.pdf?sequence=2>



## Directrices para autores/as

La Revista Milenaria recibe propuestas originales de Divulgación, relacionadas con la Ciencia y el Arte, de temática libre. Los trabajos deberán tratar sobre hallazgos científicos, expresiones artísticas o presentar reflexiones sobre temas sociales, en un lenguaje claro y sencillo.

Los textos que deseen publicar, podrán postularse a través de la plataforma de Milenaria, Ciencia y Arte en la siguiente dirección: <http://www.milenaria.umich.mx/ojs/index.php/milenaria/about/submissions>

El autor debe registrarse en el portal de la revista para obtener su clave de usuario y contraseña, con las cuales podrá ingresar y subir a la plataforma su manuscrito, así como continuar el proceso editorial, revisando el estatus del mismo.

Los manuscritos recibidos estarán sujetos a un proceso editorial que se desarrolla en etapas, donde los autores deberán atender cada una de las observaciones y sugerencias que se le indiquen durante las revisiones. Los trabajos serán revisados por pares evaluadores, miembros del comité editorial de la Revista Milenaria y por revisores externos.

La extensión de los manuscritos tendrá un máximo de 6 cuartillas (incluyendo referencias), deberán estar escritos en formato Word de 12 puntos e interlineado de 1.5 y tener tres autores como máximo (al menos uno con clave ORCID). Deberá incluir figuras con un pie descriptivo adecuado. Revise los trabajos previos en: [www.milenaria.umich.mx/ojs](http://www.milenaria.umich.mx/ojs)

Cada texto debe incluir: Título, identificación de los autores, resumen (de hasta 250 palabras), 3 palabras clave, traducción al inglés del resumen y palabras clave (abstract, key words), cuerpo del texto (en el que se podrán incluir subtítulos relacionados al tema) conclusión y referencias. Redactar en Formato de Divulgación para el público en general, evitando la estructura de textos de investigación.

La lista de referencias deberá incluir únicamente las obras que fueron citadas en el texto y que hayan sido publicadas, señaladas en el sistema de la American Psychological Association (APA). Las referencias se presentarán en orden alfabético, sin enumeración ni viñetas, y en caso de más de una referencia del mismo autor(es) deberán registrarse en orden cronológico, agregando DOI o URL de acuerdo a lo que corresponda.

No se publicarán los textos donde se transcriban citas de otros autores o propias publicadas en otras fuentes, sin hacer el señalamiento preciso.

Una vez emitido el dictamen, se notificará al autor el resultado del proceso correspondiente.

Comité Editorial

Facultad de Salud Pública y Enfermería, UMSNH.

# Medidores de CO<sub>2</sub> ¿Útiles para reducir el contagio de la Covid-19?

## CO<sub>2</sub> meters: Useful to reduce the spread of Covid-19?

Norma A. Rodríguez Muñoz y Naghelli Ortega Ávila

CONAHACYT, Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. Durango, Dgo. México.  
Contacto: naghelli.ortega@cimav.edu.mx

**Resumen.** Pocas veces se ha necesitado un nivel de resiliencia como el que se tuvo durante y después del largo confinamiento por la pandemia de la Covid-19. Esta situación nos llevó a la búsqueda de los medios para evitar y reducir el contagio, desde el desarrollo de vacunas hasta el uso del cubrebocas. Sin embargo, dado que las variantes de este virus permanecerán por largo tiempo en nuestro entorno, es necesario contar con herramientas para mantener un ambiente seguro y libre de contagio. Entre ellas se ha propuesto el uso de medidores de dióxido de carbono en espacios cerrados, pero ¿realmente son útiles?

**Palabras clave:** pandemia, dióxido de carbono, monitoreo.

**Abstract.** Never before has been needed a level of resilience as in the times during and after the long confinement due to the COVID-19 pandemic. Such a situation led us to search for means to avoid and reduce possible contagion, from using facemasks to developing vaccines. However, given that the variants of this virus will remain in our environment for a long time, it is necessary to have mechanisms to maintain a safe and contagion-free environment. Among them, the employment of carbon dioxide meters in closed spaces has been proposed, but are they actually useful?

**Keywords:** pandemic, carbon dioxide, monitoring.

recomendada por las autoridades para evitar contagios (Morawska & Cao, 2020). Además, se sabía que otras enfermedades pueden ser transmitidas por la vía aérea, como *resfriado común, sarampión, paperas, tuberculosis, influenza y varicela*; por lo que la adopción de medidas que ayuden a mantener el aire libre de estos patógenos puede reducir en gran medida su contagio.

Ahora bien, si tomamos en cuenta que todos pasamos alrededor del 85 % de nuestro tiempo al interior de alguna edificación (Jurado, 2024), no debería de sorprendernos que un nivel alto de ocupación pueda afectar nuestra salud y productividad, especialmente si se tiene una mala ventilación, la cual provoca la acumulación de alérgenos, microorganismos, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros compuestos volátiles (Azuma, Kagi, Yanagi, & Osawa, 2018).

La calidad del aire interior en las edificaciones se ha investigado exhaustivamente desde antes de la aparición de la pandemia del virus SARS-CoV-2. Por ejemplo, a través del análisis del síndrome del *edificio enfermo*, que se refiere a la serie de síntomas que presentan los ocupantes de edificios con poca o nula ventilación, como resequead de mucosas, irritación ocular o fatiga, se generó información muy valiosa para la mejora del aire en interiores y la preservación de la salud de sus ocupantes.

Sin embargo, a partir del surgimiento de la pandemia por la Covid-19, este tema

El surgimiento de la pandemia por la COVID-19 nos enfrentó a grandes retos para evitar los contagios y reducir la desaceleración económica provocada por el confinamiento. En un principio se creyó que este virus se transmitía por el contacto directo; sin embargo, actualmente está demostrado

científicamente que la principal fuente de contagio es por inhalación de las gotas de aerosol producidas al respirar o hablar, las cuales pueden estar cargadas de virus y pueden permanecer suspendidas en el aire por horas en lugares cerrados con poca o nula ventilación, aparte de viajar distancias mucho mayores a las establecidas por la *sana distancia*



Figura 1. Sensores de concentración de CO<sub>2</sub> instalados en un expendio y en un salón escolar

ha tomado mayor relevancia, y por ello diferentes grupos de expertos han evaluado la implementación de varias medidas para el control de infecciones transmitidas por vía aérea en edificios. Entre ellas, la viabilidad de relacionar la concentración del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para conocer la calidad del aire en el interior de las edificaciones, usándolo como un gas de señuelo, ya que en la mayoría de los edificios la fuente predominante de CO<sub>2</sub> es por la exhalación de los ocupantes (Peng & Jimenez, 2021). Investigadores han realizado experimentos en salones de clases, analizado el uso de diversas medidas aplicables a edificios como el control de la ventilación, la filtración del aire o la desinfección con luz ultravioleta,

para incentivar el uso de estos sistemas. Este interés generalizado en aplicar este tipo de dispositivos se debe principalmente a que el fenómeno de la pandemia de COVID-19 podría prevalecer por varios años (Scudellari, 2020), por lo que resulta imperativo implementar una comunicación efectiva de los riesgos asociados para evitar una falsa sensación de seguridad, además de medidas efectivas para lidiar con esta situación en el largo plazo, de manera que se reduzca la posibilidad de contagio y se incremente la resiliencia en futuras pandemias (Sinyavskaya, 2024).

Así mismo, está documentado que quienes enfrentaron mayores dificultades para adaptarse tecnológicamente y

exterior (de alrededor de 400 ppm) debido al aliento exhalado por las personas, pero esta concentración se puede reducir cuando se ventila el edificio. Por lo tanto, la meta principal del monitoreo de CO<sub>2</sub> es conocer en todo momento su concentración y, si la calidad del aire no es buena, aplicar medidas sencillas de ventilación natural. El objetivo es mantener los recintos interiores a concentraciones menores de 800 ppm (este valor indica que el 1% del aire ya ha sido respirado por otras personas).

En el caso de este estudio, se utilizaron los sensores más sencillos y económicos disponibles en el mercado nacional, de modo que los usuarios pudieran constatar la facilidad de su aplicación y que el costo implicado es relativamente bajo (Figura 1). Además, no hubo ninguna intervención en los espacios, es decir, no se dieron instrucciones a los usuarios del lugar, de manera que se pudiera analizar y comprender su comportamiento *natural*. Esto permitió relacionar el nivel de CO<sub>2</sub> existente al interior de cada lugar con la apertura de sus puertas y ventanas para determinar su impacto en desplazar con aire limpio el aire interior viciado por la respiración de los ocupantes.

Ahora veamos tres ejemplos de los resultados que obtuvimos en: un expendio, un salón escolar y un consultorio médico. El estudio se realizó en marzo de 2022, por lo que todas las personas estuvieron usando permanentemente el cubrebocas, con algunas excepciones en el expendio.

El primer lugar analizado fue un expendio de 40 m<sup>2</sup> de superficie, con una cortina de 4 m<sup>2</sup> y un ventilador de techo operando continuamente. Este expendio operaba en un horario de 11 am a 11 pm, tenía solo un empleado de mostrador y fue monitoreado durante 12 días. En la figura 2 se puede ver cómo fue cambiando la concentración de CO<sub>2</sub> en dos días típicos. Las líneas punteadas horizontales representan los límites recomendados para tener una calidad del aire excelente (abajo de 500 ppm - verde), buena (entre 500 y 600 ppm - amarillo), regular (entre 600 y 800 ppm - naranja) y mala (arriba de 800 ppm).

Lo que se encontró fue que los valores de concentración de CO<sub>2</sub> se mantuvieron en un nivel bueno; solo hubo unos

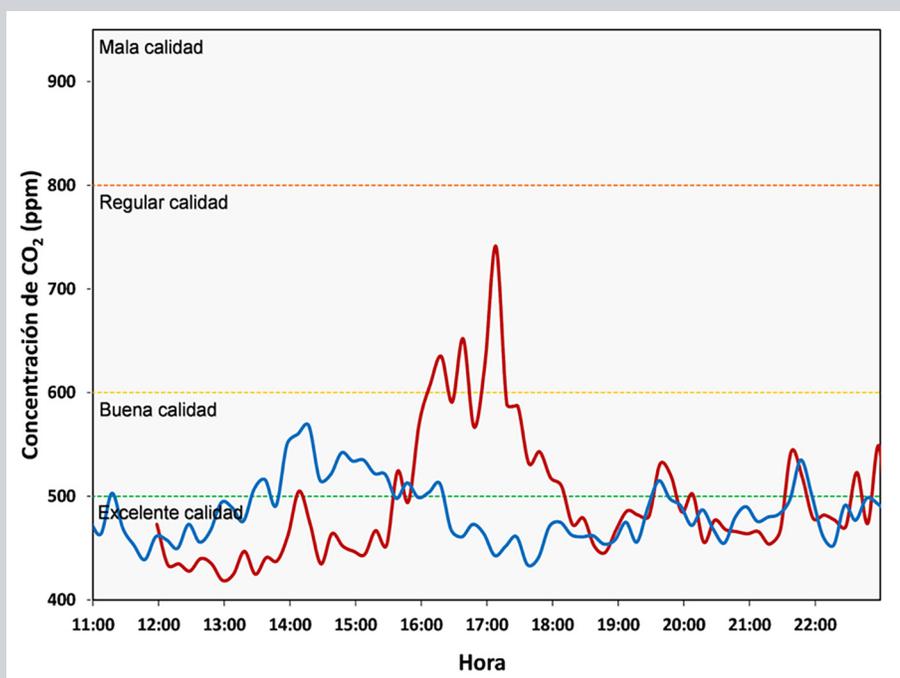


Figura 2. Resultados del monitoreo de CO<sub>2</sub> en un expendio de 40 m<sup>2</sup> de superficie, con una puerta de 4 m<sup>2</sup> y un ventilador de techo.

y publicado manuales que apoyan el uso de medidores de CO<sub>2</sub> asequibles (Jimenez, 2020).

Ahora bien, existen diversos lineamientos internacionales que orientan sobre los límites recomendados de concentración de CO<sub>2</sub> (ASHRAE, 2022), donde se indica que debieran estar entre 400 y 800 partes por millón (ppm). En México varias instituciones han implementado el uso de aparatos para la medición de CO<sub>2</sub>, e incluso han participado en el desarrollo de prototipos de aparatos sencillos y de bajo costo. Además, existen iniciativas en el Congreso y de gobiernos estatales (jalisco.gob, 2021)

cumplir con los requerimientos sanitarios que establecieron las autoridades son los espacios laborales, las escuelas y los pequeños comercios, dada su gran diversidad de actividades y las condiciones existentes. Es por esto que decidimos realizar un estudio experimental de monitoreo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en este tipo de espacios — es decir, una medición periódica y constante — y constatar si su uso es útil para disminuir el riesgo de contagio de la Covid-19.

El principio es sencillo: la concentración de CO<sub>2</sub> dentro de los edificios ocupados es mayor que la del

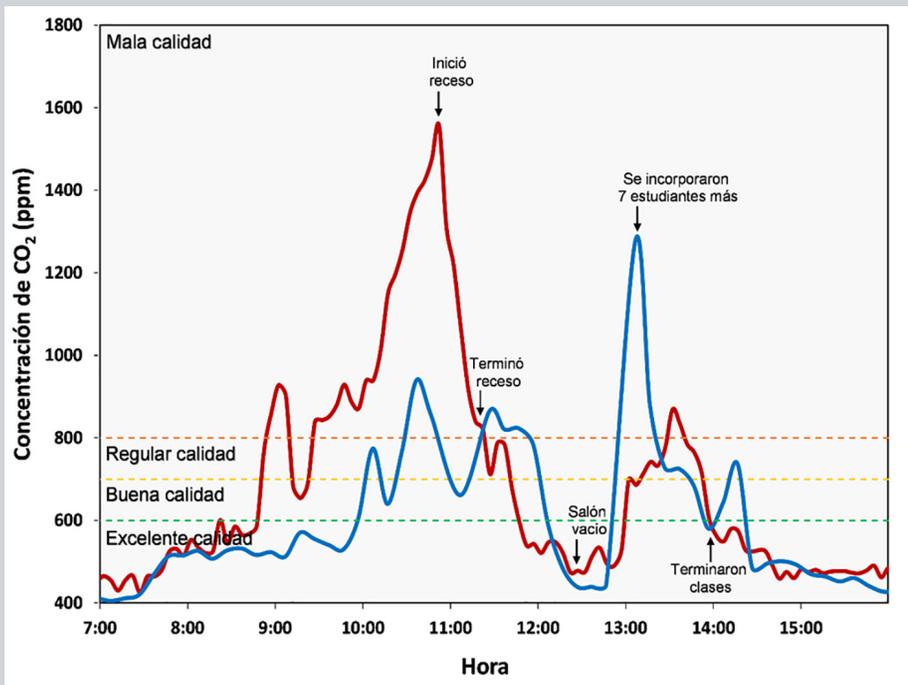


Figura 3. Resultados del monitoreo de CO<sub>2</sub> de dos miércoles en un salón escolar con 80 m<sup>2</sup> de superficie, con una puerta de 1.8 m<sup>2</sup> y una ventana de 1 m<sup>2</sup>.

cuantos momentos esporádicos en que se tuvo una calidad regular del aire, aunque mejoró muy rápidamente. Esto se debe a que este recinto cuenta con una puerta grande y abierta todo el tiempo y tuvo un flujo constante de personas que permanecían poco tiempo al interior, además de que el ventilador permitió acelerar la salida de aire.

El segundo caso donde se realizó el monitoreo fue un salón escolar de 80 m<sup>2</sup>

de superficie, con una puerta de 1.8 m<sup>2</sup> y una ventana de 1 m<sup>2</sup> de abertura (Figura 3). El periodo escolar era de 7:30 am a 2 pm, con 15 alumnos de preparatoria y un profesor que iba cambiando en cada clase, y los dos días que se muestran son miércoles, así que los horarios y los profesores coinciden. Es importante mencionar que las autoridades escolares estaban conscientes de la importancia de la ventilación, por lo que instruyeron a sus profesores y alumnos a mantener todo el

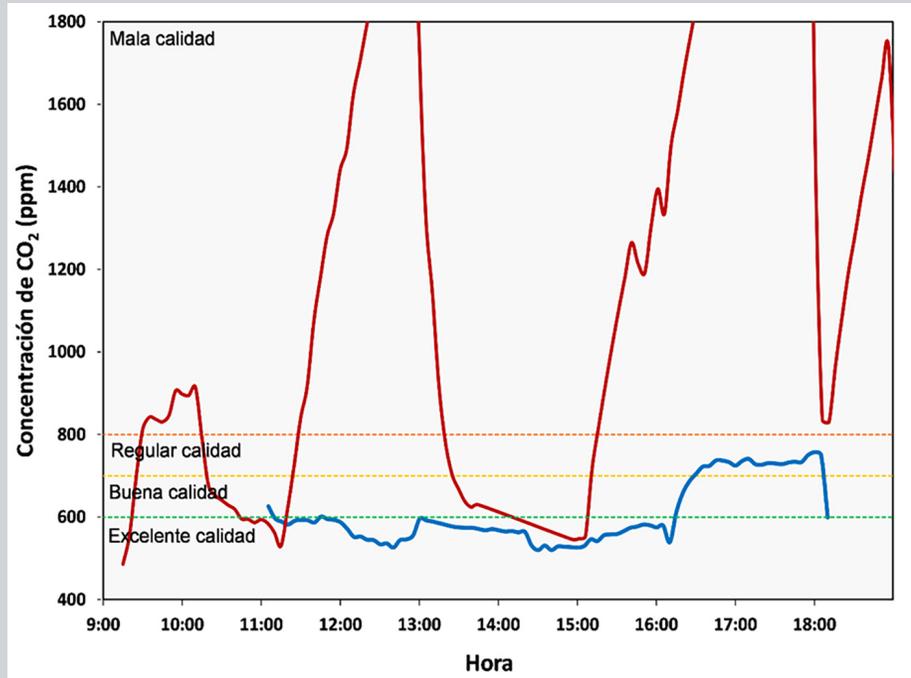


Figura 4. Resultados del monitoreo de CO<sub>2</sub> en un consultorio de 10.5 m<sup>2</sup> de superficie con una puerta de 1.7 m<sup>2</sup>.

tiempo abiertas la puerta y la ventana. Sin embargo, en varias clases alguna o ambas aberturas se mantuvieron cerradas, y esto ocasionó que se llegaran a niveles muy altos de concentración de CO<sub>2</sub>. Se ve claramente cómo se reduce la concentración a un valor regular o bueno durante el receso y en la clase donde el salón se vacía, y como sube muy rápidamente cuando vuelve a ocuparse el salón. Además, hubo un comportamiento diferente entre ambos días, a pesar de que las personas y el lugar no cambian, por lo que quedó muy claro que la cantidad de CO<sub>2</sub> acumulado depende de las condiciones existentes en cada momento y que por ello es necesario realizar un monitoreo constante, lo cual puede permitir tomar mejores decisiones y lograr mantener el valor de CO<sub>2</sub> por debajo de 800 ppm.

Finalmente, el último espacio monitoreado fue un consultorio de 10.5 m<sup>2</sup> con una sola puerta de 1.7 m<sup>2</sup> de abertura (Figura 4). No sorprende que en este tipo de lugares el monitoreo sea crítico, dado que los consultorios suelen ser pequeños y el aire se puede enrarecer muy rápidamente, aunque solo hayan 1 o 2 personas, ya que por cuestiones de privacidad la puerta se mantiene cerrada y solo se abre para el cambio de paciente.

#### ¿Qué aprendimos con este estudio?

El principal aprendizaje fue que el monitoreo de CO<sub>2</sub> es útil y pertinente para tomar decisiones y reducir el riesgo de contagio de enfermedades respiratorias, específicamente la Covid-19, ya que la cantidad de CO<sub>2</sub> acumulado en los espacios puede ser un indicador de la probabilidad de contagio si hay virus presente, pero sobre todo porque esta probabilidad depende de las características de cada lugar (tamaño, nivel de ocupación, permanencia de las personas al interior, etc.) y de las condiciones existentes en cada momento.

No obstante, algo alentador es que no todos los lugares necesitan realizar este monitoreo, por ejemplo, se puede esperar que se tendrá una buena calidad del aire en los recintos con puertas grandes y abiertas todo el tiempo, como muchos locales comerciales de micro y pequeñas empresas, que cuentan con un flujo constante de personas y en donde la gente permanece poco tiempo. Sin embargo, el monitoreo es crítico en el caso de espacios pequeños que requieren

privacidad, como los consultorios, porque el aire se enrarece muy rápidamente y se llega a niveles de concentración de CO<sub>2</sub> muy por encima de un límite seguro.

En conclusión, la regla de oro es evitar tener aire estancado, sin ventilación o con ventilación deficiente en cualquier espacio interior, y tener especial cuidado entre más pequeño sea el lugar, mayor número de personas estén presentes o por periodos más prolongados de permanencia, ya que se tendrá mayor aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> y será más crítica la necesidad de ventilación.

### ¿Qué medidas de ventilación podemos aplicar?

Las medidas de ventilación sugeridas son realmente simples y fáciles de aplicar:

Siempre mantener la mayor cantidad de puertas y ventanas abiertas, y de preferencia, lograr una ventilación cruzada, es decir, que las aberturas por donde ingrese el aire exterior y salga el aire interior estén ubicadas en dos paredes opuestas.

Si los niveles de concentración de CO<sub>2</sub> están por arriba de 1000 ppm, tratar de reducir el aforo o abandonar el recinto por algunos minutos.

Si se cuenta con medios mecánicos para mover el aire, como ventiladores de techo o de piso, mantener abierto el lugar y usarlos dirigiéndolos hacia las aberturas para asegurar el recambio continuo de aire y evitar que el aire interior solo se mezcle.

En la temporada de frío, usar ropa abrigadora y continuar con estas medidas, aunque de manera intermitente y por periodos reducidos, para evitar la incomodidad de los ocupantes.

### AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango (COCYTED) por el financiamiento a través de la Convocatoria 2020-01 de Proyectos de Investigación Científica Aplicada ante la contingencia por COVID-19 en el Estado de Durango.

A los responsables de los recintos que amablemente aceptaron colaborar para poder realizar esta investigación y a los M.C. Jorge Alberto Escobedo Bretado y Mario Nájera Trejo por su apoyo en la instalación de los sensores de dióxido de carbono en los sitios monitoreados.

### Referencias.

ASHRAE. (2022). *ASHRAE Position Document on Indoor Carbon Dioxide*. Georgia. Retrieved from [https://www.ashrae.org/file-library/about/position-documents/pd\\_indoorcarbondioxide\\_2022.pdf](https://www.ashrae.org/file-library/about/position-documents/pd_indoorcarbondioxide_2022.pdf)

Azuma, K., Kagi, N., Yanagi, U., & Osawa, H. (2018). Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance. *Environment International*, 121(August), 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.059>

chihuahua.gob. Gobierno del Estado de Chihuahua. (2023). *Lineamientos de medidas preventivas*

COVID-19. Retrieved from [http://www.ssch.gob.mx/rendicionCuentas/archivos/lineamientos\\_de\\_reapertura.pdf](http://www.ssch.gob.mx/rendicionCuentas/archivos/lineamientos_de_reapertura.pdf)

Jalisco.gob. Gobierno del Estado de Jalisco. (2021). *Plan Jalisco para la Reactivación Económica: b de acción ante COVID-19*. Retrieved from [https://coronavirus.jalisco.gob.mx/wp-content/uploads/2021/03/VA21\\_02\\_12\\_Jalisco\\_Salones\\_de\\_eventos\\_Protocolo\\_de\\_accion\\_ante\\_COVID.pdf](https://coronavirus.jalisco.gob.mx/wp-content/uploads/2021/03/VA21_02_12_Jalisco_Salones_de_eventos_Protocolo_de_accion_ante_COVID.pdf)

Jimenez, J. L. (2020). How to quantify the ventilation rate of an indoor space using an affordable CO<sub>2</sub> monitor. *Medium*. Retrieved from [https://medium.com/@jjose\\_19945/how-to-quantify-the-ventilation-rate-of-an-indoor-space-using-a-cheap-co2-monitor-4d8b6d4dab44](https://medium.com/@jjose_19945/how-to-quantify-the-ventilation-rate-of-an-indoor-space-using-a-cheap-co2-monitor-4d8b6d4dab44)

Jurado, L. (2024). ¿Sabías que todos pasamos el 85% de nuestra vida dentro de edificios? Retrieved February 13, 2024, from <https://www.luisjurado.es/todos-pasamos-el-85-de-nuestra-vida-utilizando-edificios/#:~:text=Extrapolando estos resultados a un,o en actividades de ocio.>

Morawska, L., & Cao, J. (2020). Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. *Environment International*, 139(April), 10–12. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105730>

Peng, Z., & Jimenez, J. L. (2021). Exhaled CO<sub>2</sub> as a COVID-19 infection risk proxy for different indoor environments and activities. *Environmental Science and Technology Letters*, 8(5), 392–397. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.1c00183>

Scudellari, M. (2020). How the pandemic might play out in 2021 and beyond. *Nature News Feature*. Retrieved from <https://www.nature.com/articles/d41586-020-02278-5>

Sinyavskaya Y, Eritsyan K, Antonova N, Sharin N. (2024). Don't say it's over: The perceived epidemic stage and COVID preventive behaviour. *Journal of Health Psychology*. doi:10.1177/13591053231222338

• Enviado: febrero 17, 2024 • Aceptado: abril 26, 2024

# Energía Eólica y Predicción del Viento

## Wind Energy and Wind Prediction

Marisol López Fuentes<sup>1</sup>  
y Damián Campuzano Milian<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Escuela Preparatoria Melchor Ocampo, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). <sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Mecánica, UMSNH. Morelia, Mich., México. Contacto: [damian.campuzano@umich.mx](mailto:damian.campuzano@umich.mx)



Figura 1. Energías Renovables (EcuRed, S.F.).



Figura 2. Turbina eólica (AESVAL,2022).

**Resumen.** En medio de la crisis sanitaria global desatada por el virus SARS-CoV-2 en 2019, la reducción drástica de las emisiones de dióxido de carbono brindó una visión fugaz de un mundo con cielos despejados y una naturaleza revitalizada. Este fenómeno efímero subrayó la urgencia de adoptar medidas para abordar el cambio climático y fomentar un futuro más sostenible. En este contexto, el artículo explora el papel crucial de las energías renovables, particularmente la energía eólica, en la transformación hacia un modelo energético más limpio y eficiente. Se examina la importancia de la predicción del viento en la integración exitosa de la energía eólica en la red eléctrica, destacando el papel clave de modelos avanzados como el Weather Research and Forecasting (WRF). A través de una exploración detallada de la ciencia detrás de la predicción del viento y los desafíos asociados con la implementación de modelos matemáticos atmosféricos, el artículo ofrece una visión integral de cómo la innovación tecnológica y la conciencia ambiental se entrelazan para forjar un futuro energético más sostenible. Concluye con una reflexión sobre la importancia de continuar avanzando en la investigación y el desarrollo de modelos de predicción del viento para mitigar el cambio climático y promover un entorno más saludable y equitativo para las generaciones futuras.

**Palabras clave:** Predicción del Viento, Investigación climática, Energía Eólica.

**Abstract.** Amidst the global health crisis unleashed by the SARS-CoV-2 virus in 2019, the drastic reduction in carbon dioxide emissions offered a fleeting glimpse of a world with clear skies and revitalized nature. This ephemeral phenomenon underscored the urgency of adopting measures to address climate change and foster a more sustainable future. In this context, the article explores the crucial role of renewable energies, particularly wind energy, in the transition towards a cleaner and more efficient energy model. It examines the importance of wind prediction in the successful integration of wind energy into the electrical grid, highlighting the key role of advanced models such as the Weather Research and Forecasting (WRF). Through a detailed exploration of the science behind wind prediction and the challenges associated with the implementation of atmospheric numerical models, the article offers a comprehensive insight into how technological innovation and environmental awareness intertwine to forge a more sustainable energy future. It concludes with a reflection on the importance of continuing to advance research and development in wind prediction models to mitigate climate change and promote a healthier and more equitable environment for future generations.

**Keywords:** Wind Prediction, Weather Research and Forecasting (WRF), Wind Energy.

## Introducción

Durante la crisis sanitaria mundial de 2019, causada por el virus SARS-CoV-2, las emisiones de dióxido de carbono sufrieron una marcada reducción,

propiciando la aparición de especies animales y la visión de cielos despejados, libres de contaminación. Este fenómeno a escala global nos brindó una valiosa lección, instándonos a reflexionar sobre la imperiosa necesidad de adoptar medidas efectivas

para contrarrestar el calentamiento global. Actualmente, aproximadamente el 85.4% de nuestra energía proviene de combustibles fósiles, como el petróleo y el carbón, los cuales son responsables de gran parte de la contaminación en la producción de energía eléctrica (Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, 2024). La devastación ambiental ocasionada por esta contaminación a gran escala ha impulsado la búsqueda y el desarrollo de fuentes de energía más limpias, que puedan asegurar una huella de carbono neutral y promover el desarrollo sostenible, guiado por los principios de reducir, reutilizar, reciclar y reeducar.

En la sociedad actual, la dependencia de la tecnología y la energía es innegable, resultando difícil concebir un mundo en el que estas no estén presentes. Sin embargo, para provocar un cambio significativo en beneficio de nuestro entorno, es fundamental reconsiderar tanto nuestro modelo de consumo energético como el de producción. En este contexto, han surgido diversas estrategias encaminadas a establecer un sistema energético con un enfoque ecológico, diseñado para hacer frente a los desafíos ambientales que se avecinan.

Este enfoque se basa en la idea de aprovechar los recursos naturales para generar energía limpia y renovable; implica la utilización de fuentes como la radiación solar, el viento, la biomasa o las corrientes de agua para la producción de electricidad. La integración de estas fuentes constituye un modelo completo de energías renovables, que abarca desde la energía solar y eólica hasta la bioenergía, geotérmica, hidroeléctrica y marina. Una de las principales ventajas de estas fuentes (Figura 1) es su potencial prácticamente ilimitado. Por ejemplo, la energía solar se basa en la radiación solar, un recurso que se prevé estará disponible durante al menos otros cinco mil millones de años, convirtiéndola en una fuente de energía prácticamente inagotable.

En el amanecer del siglo XXI, el paradigma energético mundial está experimentando una transformación sin precedentes, lo que nos genera cuestionamientos como si es viable realmente utilizar energías renovables

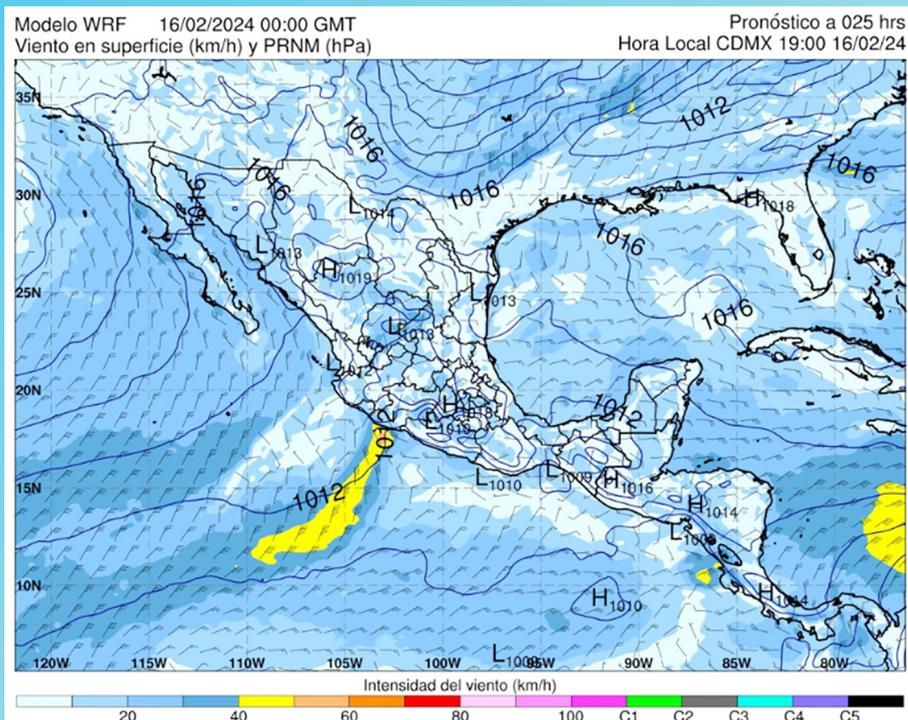


Figura 3. Gráfico de la intensidad del viento en México (Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la UNAM, 2024).

para transformar nuestro planeta, sin embargo la conciencia ambiental y la imperativa necesidad de mitigar el cambio climático han impulsado a gobiernos y corporaciones a repensar radicalmente la forma en que generamos y consumimos energía. Esta revolución energética no solo se traduce en la migración de los combustibles fósiles hacia fuentes más sostenibles, sino que también se sustenta en acuerdos internacionales, reformas energéticas y un compromiso global por modelar un futuro más verde.

Durante décadas, el mundo ha dependido en gran medida de los combustibles fósiles para satisfacer sus demandas energéticas. Sin embargo, la conciencia creciente de las consecuencias ambientales y la finitud de estos recursos ha propiciado una transición hacia fuentes renovables. La energía eólica, en particular, ha emergido como un pilar fundamental en esta metamorfosis, destacando su potencial para generar electricidad de manera sostenible y abundante.

El Acuerdo de París, un hito en la lucha contra el cambio climático, ha catalizado un compromiso global para limitar el calentamiento global a niveles manejables. Este pacto histórico ha desencadenado acciones concretas en la

transición a energías limpias, comprometiendo a naciones de todo el mundo a reducir sus emisiones y abrazar fuentes renovables (Naciones Unidas, 2024).

Las reformas energéticas han delineado nuevas rutas hacia un futuro energético sostenible y desde su implementación en México se han emprendido cambios significativos en sus estructuras eléctricas, priorizando la integración de tecnologías renovables y fomentando la inversión en proyectos eólicos. Estos esfuerzos no solo buscan diversificar la matriz energética, sino también fortalecer la resiliencia ante los desafíos ambientales y económicos.

Desde la aprobación de leyes que incentivan la generación de energía limpia hasta inversiones estratégicas en investigación y desarrollo, el mundo se encuentra en una encrucijada definitiva. La transición hacia la energía renovable, con la energía eólica como vanguardia, no solo es una respuesta a la emergencia climática, sino también una oportunidad para forjar un futuro energético más sostenible y equitativo.

Sin embargo, estas leyes exigen a los concesionarios cumplir con requisitos rigurosos, exigiéndoles la presentación

de pronósticos de la potencia generada por cada unidad de Energía Renovable Variable. Esta exigencia ha impulsado a los concesionarios a desarrollar estrategias y modelos de pronóstico.

### Energía Eólica: Más Allá de las Aspas

La captura de la energía cinética del viento mediante aerogeneradores (Figura 2) ha evolucionado de manera significativa, convirtiéndose en una de las fuentes más prometedoras y sostenibles; no obstante, la energía eólica se enfrenta a desafíos significativos en comparación con las fuentes de energía tradicionales. La producción de energía a partir del viento está estrechamente relacionada a la velocidad variable y cambiante del viento, lo que complica su regulación en tiempo y espacio. Sumando también, que no se cuenta con un método eficaz para almacenar la energía eólica, lo que conlleva a entregar inmediatamente su producción a la red eléctrica, forzando a las compañías de energía eólica a reportar su producción para contribuir a la planificación eléctrica del Sistema Nacional. Una interrogante muy fuerte es ¿cómo saber la velocidad del viento en las próximas horas, días o meses?, un dato necesario para poder hacer estas planificaciones y que ha generado una importante y novedosa corriente de estudio en predicciones y comportamiento del viento.

### La Ciencia Detrás de la Predicción del Viento

La predicción del viento es un campo complicado que combina la meteorología, la climatología y el modelado numérico (Figura 3). Aquí es donde entran en juego los Modelos Meteorológicos Regionales (MMR), herramientas avanzadas diseñadas para comprender los fenómenos atmosféricos a nivel regional con resoluciones espaciales finas. Estos modelos, se enfocan en prever con precisión los patrones de viento, considerando factores como la topografía local y las condiciones climáticas específicas de la región.

Estos modelos emplean una combinación de ecuaciones de la física atmosférica, teniendo en cuenta factores como la temperatura, la presión atmosférica y la humedad. La

resolución espacial fina de los MMR permite desentrañar las complejidades de la mesoescala, capturando detalles cruciales para la generación de energía eólica. Desde la predicción del viento en áreas urbanas hasta la evaluación de eventos meteorológicos extremos, los MMR desempeñan un papel vital.

Planificar la generación de energía según las predicciones meteorológicas permite una integración más eficaz de la energía eólica en la red, optimizando su contribución al suministro energético global. En este contexto, los modelos numéricos atmosféricos desempeñan un papel crucial al proporcionar predicciones a diferentes escalas temporales y espaciales. Uno de estos modelos, el Weather Research and Forecasting (WRF), ha ganado prominencia en la comunidad científica y de ingeniería debido a su capacidad para simular fenómenos meteorológicos complejos, incluyendo la dinámica del viento.

El WRF es un modelo de predicción del tiempo desarrollado conjuntamente por varias instituciones, incluyendo el National Center for Atmospheric Research (NCAR), la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), y otras organizaciones académicas y gubernamentales. Utiliza un enfoque de ecuaciones de conservación de masa, momentum y energía para simular la dinámica atmosférica en una cuadrícula tridimensional, dividiendo la atmósfera en celdas discretas y resolviendo las interacciones entre ellas en incrementos de tiempo discretos (Grupo de Interacción Océano Atmósfera, 2022).

Uno de los aspectos clave del WRF es su capacidad para representar procesos físicos complejos a escalas espaciales y temporales finas. Esto incluye la parametrización de la turbulencia atmosférica, la radiación solar, la interacción tierra-atmósfera y otros procesos relevantes para la

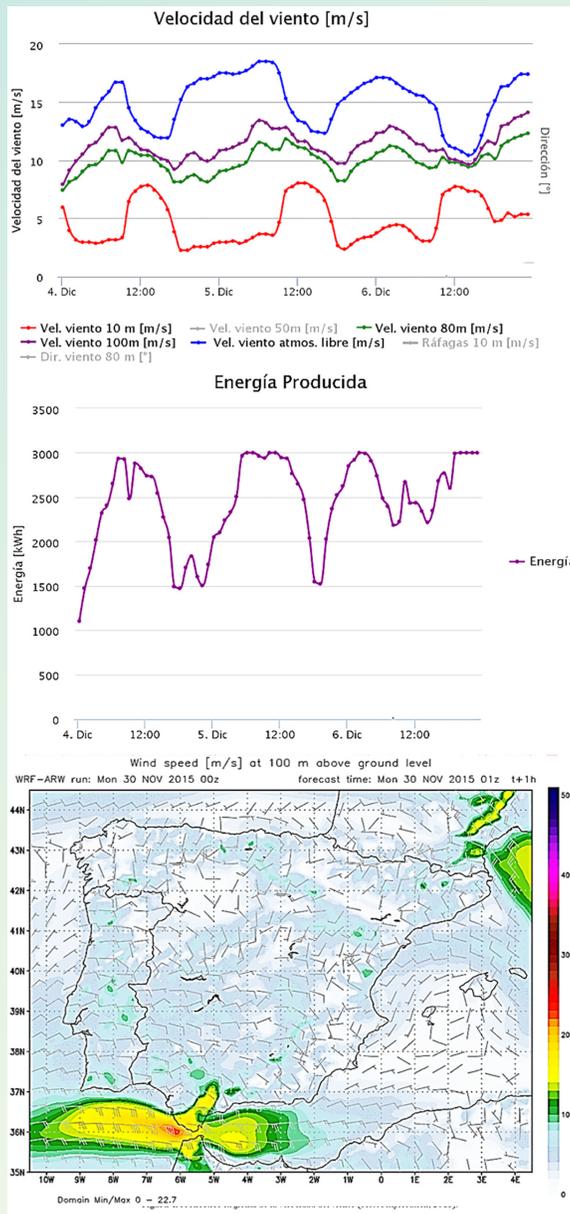


Figura 4. Pronóstico Regional de la velocidad del viento (Meteoexploración, 2015).

dinámica del viento. Además, el modelo puede asimilar datos observacionales en tiempo real para mejorar la precisión de las predicciones, utilizando técnicas de asimilación de datos que integran observaciones satelitales, estaciones meteorológicas terrestres y otros sistemas de monitoreo.

A pesar de sus capacidades avanzadas, el WRF enfrenta varios desafíos en la predicción del viento. Esto incluye la necesidad de datos de entrada precisos y detallados, la resolución adecuada de la cuadrícula para capturar fenómenos locales, y la parametrización efectiva. Además, la

incertidumbre inherente en las condiciones iniciales y los datos observacionales puede afectar la precisión de las predicciones a largo plazo.

Un ejemplo destacado de la aplicación práctica del modelo meteorológico WRF-ARW se encuentra en el estudio presentado por Meteoexploración (Figura 4) sobre la región de la Península Ibérica e Islas Canarias. En este estudio, se implementó el modelo a alta resolución, lo que permitió una mejor definición de la topografía local y su influencia en los patrones de viento. Específicamente, se utilizó una resolución fina para capturar detalles precisos en áreas con topografía compleja. Esto se logró mediante el uso de dominios anidados de menor tamaño de celda, lo que permitió una simulación aún más detallada. Además, como condiciones iniciales y de contorno, se emplearon los datos del modelo GFS 0p25 con una resolución de 0.25°. Este enfoque proporciona un ejemplo claro de cómo el modelo WRF-ARW puede adaptarse y aplicarse para estudiar fenómenos meteorológicos específicos con gran detalle y precisión.

### Conclusiones

A medida que avanzamos en la investigación y desarrollo de modelos atmosféricos como el WRF, se requiere de una continua exploración de nuevas técnicas de modelado. La implementación de métodos innovadores no solo mejora la precisión de las predicciones del viento, sino que también permite una comprensión más profunda de la compleja dinámica atmosférica que impulsa la generación de energía eólica. Es fundamental seguir investigando y adaptando estos modelos para enfrentar los desafíos cambiantes del clima y la demanda en

energética. La colaboración interdisciplinaria entre científicos atmosféricos, ingenieros y profesionales de otras disciplinas relacionadas es fundamental para el desarrollo y aplicación exitosa de

modelos atmosféricos en la industria de la energía eólica. Al combinar conocimientos en meteorología, ingeniería, informática y gestión de recursos energéticos, se pueden abordar de manera integral los desafíos técnicos, económicos y ambientales asociados con la generación de energía eólica. Esta sinergia entre diversas disciplinas impulsa la innovación y la eficiencia en la producción de energía renovable.

En última instancia, el desarrollo de modelos atmosféricos precisos y confiables tiene implicaciones significativas para el futuro energético sostenible. La energía eólica y la predicción del viento son pilares fundamentales en la transición hacia un sistema energético más limpio y resiliente. Al mejorar nuestra capacidad para prever y aprovechar el recurso eólico, podemos optimizar la generación de energía renovable y reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles. Esto no solo contribuye a mitigar el cambio climático, sino que también promueve un desarrollo económico y social más equitativo y sostenible a nivel global.

## Referencias

- AESVAL (2022). *La importancia de la energía eólica*. Consultado en: <https://aesval.es/la-importancia-de-la-energia-eolica/>
- EcuRed (S.F). *Energía Renovable*. Consultado en: [https://www.ecured.cu/Energia\\_renovable](https://www.ecured.cu/Energia_renovable)
- Grupo de Interacción Océano Atmósfera (2022). *Pronóstico Meteorológico*. <http://grupo-ioa.atmosfera.unam.mx/pronosticos/index.php/meteorologia/inf-wrf#:~:text=El pronóstico meteorologico se realiza utilizando el modelo diseñado para la investigación y para aplicaciones operativas>
- Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM (2024). *Meteorología*. Consultado en: [http://grupo\\_ioa.atmosfera.unam.mx/pronosticos/index.php/meteorologia/viento/domio-1/en-superficie](http://grupo_ioa.atmosfera.unam.mx/pronosticos/index.php/meteorologia/viento/domio-1/en-superficie)
- Meteoexploration (2015). *Previsión de viento*. Consultado en: [https://meteoexploration.com/wind/wind\\_es.html](https://meteoexploration.com/wind/wind_es.html)
- Naciones Unidas (2024). *El Acuerdo de París*. Consultado en: <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>
- Xosocotla Espejel Oscar Eduardo et al. (2023). *Crecimiento de las energías renovables pospandemia*. Consultado en: <https://acmor.org/publicaciones/crecimiento-de-las-energ-as-renovables-pospandemia>

# Presencia de dos planarias terrestres *Bipalium kewense* (Bipaliinae) y *Dolichoplana striata* (Rhynchodeminae) en Zapopan, Jalisco

## Presence of two terrestrial planarians *Bipalium kewense* (Bipaliinae) and *Dolichoplana striata* (Rhynchodeminae) in Zapopan, Jalisco

Issac Moises Benítez Sandoval, Javier Alejandro Sánchez Ramos  
y Ramón Reynoso Orozco

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Ambientales, Universidad de Guadalajara.  
Zapopan, Jalisco, México.  
Contacto: ramón.reynoso@academicos.udg.mx

**Resumen.** Se reporta por primera vez para Zapopan, Jalisco a los Platelmintos exóticos *Bipalium kewense* (Bipaliinae), *Dolichoplana striata* (Geoplanidae), se desconoce el inicio de su colonización en esta región. Ambas se han localizado en los canteros de Lombricultura o jardines a su alrededor en el Centro Universitario de Ciencias Biológico Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. Como en otros sitios donde se han detectado representan un potencial riesgo de comportarse como especies invasoras, pudiendo suponer un problema grave al depredar sobre invertebrados terrestres. En el presente reporte se muestra las evidencias que confirman su presencia en esta región de México.

**Palabras clave:** Platelmintos, Biodiversidad, Tricladida.

**Abstract.** The exotic Flatworms *Bipalium kewense* (Bipaliinae), *Dolichoplana striata* (Geoplanidae) are reported for the first time for Zapopan, Jalisco; the beginning of their colonization in this region is unknown. Both have been located in the Vermiculture beds or gardens around them at the University Center for Agricultural Biological Sciences of the University of Guadalajara. As in other places where they have been detected, they represent a potential risk of behaving as invasive species, which could pose a serious problem by preying on terrestrial invertebrates. This report shows the evidence that confirms their presence in this region of Mexico.

**Keywords:** Platelmintos, Biodiversity, Tricladida.



Figura 1. Fotografía de una *Dolichoplana striata* donde se puede observar la presencia de ojo.



Figura 2. Fotografía tomada con estereoscopio donde se puede apreciar las líneas a lo largo del cuerpo distintivas de *Dolichoplana striata*.

## Introducción

Las planarias terrestres (Platelmintos, Geoplanidae), platelmintos terrestres o Geoplánidos son una familia de animales de hábitos nocturnos del orden Seriata con una distribución cosmopolita, la mayoría de sus especies viven en el hemisferio sur y son habitantes de suelos forestales húmedos.

Existe evidencia que la presencia de estas planarias en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) es anterior a 2019 en que las registramos. Se considera para un futuro su determinación molecular, así como el estudio de su distribución en dichas instalaciones, dado que no existen reportes de su comportamiento en ambientes urbanos o modificados.

En México no se han registrado gran número de especies de planarias terrestres, aunque se cuenta con condiciones climáticas apropiadas para su desarrollo y es evidente dado que se han

reportado especies nuevas como *Girardia guanajuatensis* y que el grupo de Duncan (2022) ha caracterizado plenamente.

Los primeros ejemplares encontrados en la unidad de Lombricultura del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, que se encuentra en las coordenadas de 20°25'30" a 20°57'00" de latitud norte y 103°19'30" a 103°39'20" de longitud oeste, a una altura de 1,548 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media anual es de 22 °C, con máxima de 36.1°C y mínima de 11 °C. Tiene una precipitación media de 906.1 milímetros (García, 2004) y que recurrentemente se observa su presencia dentro de los canteros y en los jardines de los alrededores.

## Resultados

En junio de 2019 se fotografiaron varios especímenes de *D. striata* (Rhynchodeminae, Rhynchodemini) de origen Indomalayo en los jardines alrededor de la Unidad de Lombricultura del CUCBA (Figura 1) y se observaron en mayor cantidad en los canteros que contienen lombrices de la especie *Eisenia foetida*.

También se pudo comprobar la presencia de *D. striata* (Fig. 2) en los bordes de banquetas donde el pasto de los jardines se delimita, encontrándose con mayor probabilidad en aquellos jardines cercanos a la Unidad de Lombricultura. Se encontraron especímenes de hasta 12 cm de longitud y 4 mm de ancho, con cuerpo aplanado y con el dorso de color ocre claro recorrido por 4 bandas oscuras paralelas, las dos centrales más finas, las laterales más anchas y otras dos más difuminadas en la zona ventral. Ambos extremos son puntiagudos y próximo al extremo anterior presenta un par de ojos claramente visibles (Fig. 2), además de coincidir en las dimensiones corporales (Winsor et al., 2004).

Para el caso de *D. striata* previamente se reportó su presencia en la Revista Local de Sustentabilidad CUCBA por el grupo de Reyes-Hernández y Contreras-Rodríguez (2010) y quienes enviaron para su identificación ejemplares a la Dra. Ana María Leal Zanchet de la Universidad del Valle del Rio de las Campanas en Brasil. Su morfología externa sugiere que pertenece a dicha especie.

Durante el temporal de lluvias en el citado Centro Universitario esporádicamente se observa en los jardines un gusano plano de hasta 30 cm de largo con cabeza en forma de abanico o martillo y aplanada (Figuras 3 y 4). Aunque no se ha identificado por un especialista, dada la falta de dichos expertos en nuestro país, todo parece indicar que se trata de *B. kewense*, platelminto de la subfamilia Geoplaninae originario de Indochina que se ha expandido por todo el mundo con el comercio global de jardinería (Sánchez-García, 2014).

Se considera una especie cosmopolita dado que se ha localizado en: EEUU, México, Puerto Rico, Madagascar, Malasia, Tahití, Taiwan, Mauricio y Zimbabwe, donde la mayoría de estos países han sido colonizados por la misma (Winsor, 1983). En Europa igualmente se ha citado desde 1983 (revisar Sánchez-García, 2014).

Aunque se presume que se alimenta de caracoles, babosas y, sobre todo, lombrices de tierra (Winsor et al., 2004), no hemos podido constatar dicha información. Es muy complicado darles seguimiento una vez que se internan en el pasto y no logramos encontrar fragmentos de cubiertas de huevo, dado que también son hermafroditas, aunque según Winsor (1983) suelen reproducirse



Figura 3. Fotografía de un espécimen de *Bipalium kewense* encontrada en los jardines de alrededor de la unidad de lombricultura del CUCBA-U de G.

por fisión y sí hemos encontrado fragmentos de las mismas, aunque en condiciones de deterioro casi al grado de muerte.

Las especies Exóticas Invasoras son plantas, animales, patógenos y otros organismos que no son nativos de un ecosistema y que pueden causar daños económicos o ambientales o afectar negativamente a la salud humana. Las invasiones biológicas se consideran indeseables para la conservación de la biodiversidad y recursos naturales, dada la facilidad para trasladarse hacia cualquier parte del mundo y es un fenómeno relativamente moderno (Justine et al., 2014).

El grupo de Winsor (2004) menciona que presentan cuerpo aplanado y con el dorso de color ocre claro recorrido por 4 bandas oscuras paralelas, dos centrales finas, dos laterales más anchas y un par difuminadas en la zona ventral. Ambos extremos son puntiagudos y próximo al extremo anterior presenta un par de ojos claramente visibles. Esta especie se alimenta de lombrices (Winsor et al., 2004).

### Conclusión

El presente reporte es el primero en manifestar la presencia de *Dolichoplana striata* y de *Bipalium kewense* para la región occidente de México y dado el crecimiento tan marcado de la lombricultura y la importancia en su desarrollo potencial, esta aportación contribuirá en el estudio del impacto de



Figura 4. Fotografía de un espécimen de *Bipalium kewense* encontrada en los jardines de alrededor de la unidad de lombricultura del CUCBA-U de G.

estos depredadores de *Esenia foetida* y que históricamente han afectado la productividad de dicha actividad agrícola en muchas partes del mundo.

### Agradecimientos

El presente trabajo agradece al Ing. Sergio Honorio Contreras Sánchez, por

compartir sus conocimientos incondicionalmente y al Dr. Alejandro Muñoz Urías por el apoyo en la obtención de las imágenes presentadas aquí.

### Referencias

- Duncan, E. M., Nowotarski, S. H., Guerrero-Hernández, C., Ross, E. J., y D'Orazio, J. A., Clubes de Ciencia México Workshop for Developmental Biology, McKinney, S., Guo, L. y Sánchez-Alvarado, A. (2022). Molecular characterization of a flatworm *Girardia* isolate from Guanajuato, Mexico. *Developmental Biology*. 489: 165-177. <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2022.06.003>.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kopen. 5ª Edición. México: Instituto de geografía, UNAM. <http://www.librosoa.unam.mx/handle/123456789/1372>
- Justine, J. L., Winsor, L., Delphine Gey, D., Gros, P. y Thevenot, J. (2014). The invasive New Guinea flatworm *Platydemus manokwari* in France, the first record for Europe: time for action is now. *Peer J*:e297; DOI 10.7717/peerj.297.
- Reyes-Hernández, J. E. y Contreras-Rodríguez, S. H. (2010). Nueva Plaga Para la Lombricultura Latinoamericana. *Sustentabilidad CUCBA*. 8(1): 42-45.
- Sánchez-García, I. (2014). Cuatro Planarias Terrestres Exóticas Nuevas Para Andalucía. *Rev. Soc. Gad. Hist. Nat.* 8: 15-20. [https://sociedadgaditanahistoria.natural.com/wp-content/uploads/2014/05/04\\_Sanchez\\_2014\\_pres\\_srw.pdf](https://sociedadgaditanahistoria.natural.com/wp-content/uploads/2014/05/04_Sanchez_2014_pres_srw.pdf)
- Winsor, L. 1983. A revision of the cosmopolitan land planarian *Bipalium kewense* Moseley, 1878 (Turbellaria: Tricladida: Terricola). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 79, 61–100. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1983.tb01161.x>
- Winsor, L., Johns, P. M., y Barker, G. M. (2004). Terrestrial planarians (Platyhelminthes: Tricladida: Terricola) predaceous on terrestrial gastropods. En: G. M. Barker (Ed.), *Natural enemies of terrestrial mol-luscs* (pp. 227–278). CABI. DOI:10.1079/9780851993195.0227

• Enviado: abril 15, 2024 • Aceptado: mayo 26, 2024

# Perspectivas ambientales sobre el cultivo de aguacate en Michoacán: protección de la fauna y desarrollo sostenible

*Environmentally displaced by avocado cultivation in Michoacan, reflections*

Carlos Alexis Sereno Hurtado

División de Estudios de Posgrado, Facultad de Derecho y Ciencias Sociales,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., México.  
Contacto: carlosserenohurtado@gmail.com

**Resumen.** El presente trabajo, de corte teórico, basado en un enfoque cualitativo, aborda principalmente el impacto del cultivo de aguacate tanto en la población, el medio ambiente y la fauna afectada en la región. Por lo cual, se comenzará señalando que el cultivo de aguacate ha tenido un gran auge en cuanto a la producción en los últimos años, convirtiéndose en una de las principales actividades económicas de la región. De igual manera se destaca que dicho crecimiento ha tenido un costo importante en términos sociales y ambientales, ya que se considera que ha generado un proceso de desplazamiento de la fauna local, la cual ha sido expulsada de su hábitat para dar paso a las plantaciones de aguacate. De igual forma, se señalará que el uso intensivo de agroquímicos ha generado una serie de problemas ambientales, como la contaminación del agua y la pérdida de biodiversidad. Aunado a esto, el cultivo de aguacate ha contribuido a la deforestación de la región, lo que ha tenido un impacto negativo en el ecosistema de las regiones afectadas por el cultivo desmedido de dicho fruto. Finalmente, se propondrá una serie de medidas para mitigar el impacto del cultivo de aguacate en la región, proponiendo la implementación de políticas públicas que busquen promover un desarrollo económico sostenible, protegiendo la fauna local de acuerdo con la normativa federal y estatal analizada.

**Palabras clave:** Medio ambiente, derecho animal y hábitat.

**Abstract.** This work, of a theoretical nature, based on a qualitative approach, mainly addresses the impact of avocado cultivation on the population, the environment and the fauna affected in the region. Therefore, it will begin by pointing out that avocado cultivation has had a great boom in production in recent years, becoming one of the main economic activities in the region. It is also noted that this growth has had an important cost in social and environmental terms, since it has generated a process of displacement of the local fauna, which has been expelled from its habitat to make way for avocado plantations. It will also be noted that the intensive use of agrochemicals has generated a series of environmental problems, such as water contamination and loss of biodiversity. In addition, avocado cultivation has contributed to the deforestation of the region, which has had a negative impact on the ecosystem of the regions affected by the excessive cultivation of avocados. Finally, a series of measures will be proposed to mitigate the impact of avocado cultivation in the region, proposing the implementation of public policies that seek to promote sustainable economic development, protecting local fauna in accordance with the federal and state regulations analyzed.

**Keywords:** Environment, habitat and animal rights.

## Introducción

La expansión acelerada del cultivo de aguacate en el Estado de Michoacán ha desencadenado no solo una revolución económica, beneficiando principalmente a los productores de dicho fruto, sino que, además, dicho fenómeno económico ha tenido un profundo impacto en los ecosistemas locales, afectando gravemente a la fauna de dicho Estado.

Este fenómeno económico, desencadenado por la creciente demanda de aguacate a nivel mundial, ha transformado grandes extensiones de territorio boscoso; a raíz de lo anterior, el crecimiento de la producción de aguacate ha provocado cambios significativos en estos ambientes, provocando el desplazamiento y pérdida de diversa fauna.

Siendo que, en la presente investigación se refiere que es imperativo adoptar un enfoque integral que considere la interacción entre factores económicos, ambientales y

sanitarios, lo cual permita abordar los desafíos planteados por la expansión desmedida del cultivo del aguacate, por lo que se refiere que es crucial encontrar un equilibrio entre el desarrollo económico y la preservación del medio ambiente, así como la promoción de prácticas agrícolas sostenibles que minimicen el impacto negativo en la biodiversidad y la salud de las comunidades locales.

## Desarrollo

Inicialmente, Luna (2020) señala que Michoacán tiene en riesgo 415 especies de flora y fauna que pueden estar en peligro de extinción por el cambio de uso de suelo para el cultivo de aguacate y el tráfico ilegal para explotación comercial.

Se considera que la transformación más perjudicial para las especies es el ilegal cambio de uso de suelo en el Estado. Esta práctica ha ido incrementando con el paso del tiempo en el Estado de Michoacán, cuya modificación se ha dado para transformar zonas boscosas en suelos

con propósitos agrícolas. Otro factor es que el uso de pesticidas, usado para el cultivo del aguacate, conlleva directamente al desplazamiento o la muerte de varias especies.

Añadido a lo anterior, Hernández *et al.* (2013) señalan que:

La década en que más rápido se expandió la superficie aguacatera fue la de los años 80, y para 1986 Michoacán ya representaba el 62% de la superficie nacional de aguacate. Este desmesurado avance en tan solo seis años fue a costa no solo de cambios en el patrón de cultivos agrícolas, sino también de pérdida de cobertura forestal. La disponibilidad de datos respecto a las pérdidas netas de superficie forestal por cambio de uso de suelo a huertas de aguacate es muy restringida, sin embargo, a través de datos indirectos se puede inferir parcialmente la magnitud de este proceso.

En ese sentido, Bocco y Mendoza (1999) reportan que, del 74% de la superficie de bosque templado presente en Michoacán durante 1970, el 74% se había perdido para el 2008; además, el 40% de esta superficie pertenecía a la meseta purépecha, lugar donde se asienta el principal núcleo productivo de aguacate en el estado.

En concordancia con lo anterior, Climate Rights International, (2023), establece que:

Prácticamente la totalidad de la deforestación para la producción de aguacate en Michoacán y Jalisco ocurrida durante las últimas dos décadas se llevó a cabo en contravención al derecho penal federal de México, que prohíbe el “cambio de uso de suelo” de terrenos forestales para destinarlos a la producción agrícola sin autorización del gobierno. El delito adicional consistente en provocar incendios forestales de manera deliberada a menudo facilita la deforestación. La conversión de bosques naturales en huertas de aguacate libera gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento climático, y además reduce el almacenamiento de carbono y menoscaba la biodiversidad y la recuperación de los acuíferos.

Debido a lo anterior, se señala que la pérdida de bosques en el Estado de Michoacán de Ocampo conlleva la degradación y fragmentación de los hábitats naturales, lo cual deja a muchas

especies sin refugio y recursos necesarios para su supervivencia.

En seguimiento, se menciona que la deforestación conlleva repercusiones negativas en el equilibrio hídrico de la región, lo que afecta la disponibilidad de alimentos para la fauna; de esa manera, contribuye como un factor negativo ocasionando el desplazamiento y disminución de poblaciones animales en la región.

Siendo lo anterior, se considera que existe una relación directa entre la expansión del cultivo de aguacate, la pérdida de zonas boscosas y el impacto en la fauna, por lo que a causa de dicha problemática, se considera urgente el incluir el impacto ambiental en la agenda pública y buscar mecanismos que impidan que dicho fenómeno económico, como lo es el cultivo del aguacate en el estado, siga afectando a la fauna local.

De acuerdo con el Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF, por sus siglas), en el estado de Michoacán, de 2001 al 2018 se deforestaron 269,676 hectáreas equivalentes a 14,982 ha/año de tierras deforestadas (Comisión Nacional Forestal / Gerencia de Sistema Nacional de Monitoreo Forestal, diciembre 2022).

De lo expuesto, se resalta que no se ha dado la importancia necesaria al daño causado por la plantación desmedida del aguacate, ya que solo se han visto los beneficios económicos que ha generado dicho fruto, pero sin ponderar el daño ambiental.

Es por ello, que se plantea que las anteriores afectaciones, no solamente tienen implicaciones ambientales, sino que también conlleva preocupaciones significativas en materia de la salud pública, ya que la deforestación masiva y el cambio de uso de suelo, son factores que contribuyen en la pérdida de hábitats naturales, lo que aumenta el contacto entre la fauna silvestre y la población, por lo que dicha interacción puede favorecer la transmisión de enfermedades zoonóticas, lo cual se puede considerar como un riesgo para la población de las comunidades donde se han perdido regiones forestales,

Siendo que, además, el uso de pesticidas en las plantaciones de



en riesgo 415 especies de flora y fauna que pueden estar en peligro de extinción por el cambio de uso de suelo para el cultivo de aguacate

aguacate puede contaminar el agua y el suelo, lo cual conlleva una afectación en el uso humano de dichos recursos, por lo que se subraya en la necesidad de una gestión ambiental que sea sostenible tanto a nivel ambiental como económico.

Por otro lado, Gómez-Sánchez & Salgado-Ortiz, s.f., señalan que:

Los cambios en el paisaje como consecuencia del aumento en el cultivo de aguacate, afectan de distinta manera a las diferentes especies, y la merma de éstas por efecto de la conversión del paisaje, se relaciona con la pérdida de servicios ecosistémicos debido a que diversas especies, como por ejemplo las controladoras de insectos y roedores, al no consumir las grandes cantidades de este alimento por su ausencia, pueden causar daños severos a los cultivos y a los humanos.

Otras especies, como la codorniz coluda transvolcánica, especialista de bosque, es de gran importancia para la conservación, además que es una especie endémica de México actualmente amenazada por la pérdida de su hábitat.

En el caso específico de la producción de aguacate en el Estado de Michoacán es importante considerar que dicha actividad ha tenido un

impacto significativo en el medio ambiente local, tal como se define en la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, 2021, en especial en el artículo 2º, fracción III, disposición normativa que establece lo siguiente:

Artículo 2o.- Para los efectos de esta Ley se estará a las siguientes definiciones, así como aquellas previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, las Leyes ambientales y los tratados internacionales de los que México sea Parte. Se entiende por:

III. Daño al ambiente: Pérdida, cambio, deterioro, menoscabo, afectación o modificación adversos y mensurables de los hábitats, de los ecosistemas, de los elementos y recursos naturales, de sus condiciones químicas, físicas o biológicas, de las relaciones de interacción que se dan entre éstos, así como de los servicios ambientales que proporcionan. Para esta definición se estará a lo dispuesto por el artículo 6o. de esta Ley;

Según la normativa anterior, existe un daño al ambiente ya que el cultivo de aguacate requiere mucha agua, como señalan diversos estudios.

Tal como lo señala De la Vega, 2022, la cual refiere que el árbol de aguacate tiene un sistema de raíces poco profundas que se necesita regar con

poca agua, pero que se necesita agua de buena calidad. En los días más cálidos del verano, se debe regar cada 7 o 10 días; con un sistema de goteo, el árbol puede necesitar de 45 a 60 galones de agua por día dependiendo de la zona climática y de las características del suelo.

Por lo anterior, se considera prioritaria la creación de mecanismos que permitan ponderar el daño ambiental generado por dicho cultivo y las ganancias que obtiene los productores de dicho fruto, por lo cual se debe generar una imposición económica a los productores de aguacate en relación con el daño ambiental que ocasionan por el cultivo desmedido del aguacate, lo anterior en apego al principio quien contamina paga.

La restauración ecológica y la adopción de medidas que protejan la conservación de la fauna en el Estado de Michoacán de Ocampo son cruciales para revertir los daños causados al entorno natural, por lo que es necesario la implementación de medidas de restauración que busquen recuperar la funcionalidad de los ecosistemas degradados por el cultivo desmedido del aguacate, buscando así promover la regeneración de la flora y fauna afectadas, y restablecer el equilibrio ecológico, aspectos que contribuyen no solamente a la conservación de la biodiversidad, sino también a la mejora de la calidad del aire, agua y suelo, y al fortalecimiento de la resiliencia de los ecosistemas frente a los impactos del cambio climático.

Por otro lado, Arellano, (2021), indica que es necesario generar opciones de protección integral con apoyo de otras instancias del estado y la federación en torno a la reducción gradual de fauna silvestre y flora, ante el crecimiento de las fronteras urbanas y de las actividades agrícolas a costa de espacios naturales. Se adhiere a lo antes señalado, ya que se considera prioritario que no solamente se busquen opciones para remediar y mitigar el daño ocasionado, si no que se implementen mecanismos de protección a la fauna afectada.

En el mismo sentido, se comparte la idea establecida por De la Torre Torres (2021), autora la cual establece que es necesario reconocer una tercera

categoría dentro del derecho civil, la cual funciona como intermediario entre las personas y las cosas que permita incluir a los demás animales en la esfera protectora de los derechos es una alternativa que vale la pena explorar.

Dicha idea, que se incorpora al presente trabajo, señala que se debe explorar la tercera categoría y reconocer una esfera protectora a la fauna que ha sido desplazada por el cultivo desmedido del aguacate en el Estado de Michoacán de Ocampo.

Es por ello que se considera necesario implementar los mecanismos antes señalados, pues tienen por finalidad la regulación del comportamiento de todos los agentes que interactúan; a saber: productores de aguacate, individuos y gobierno; y, con ello, poder regular las actividades ambientales que conlleva la producción de aguacate en el Estado.

### Conclusiones

Finalmente, se concluye que la expansión desmedida del cultivo del aguacate en Michoacán, ha generado una serie de impactos negativos en materia ambiental y de salud pública, ya que el cambio de uso de suelo y la deforestación asociada con dicha actividad han provocado la pérdida de hábitats naturales, lo que aumenta el contacto entre la fauna silvestre y las poblaciones humanas.

En dicho sentido, es evidente la necesidad de una gestión ambiental sostenible que permita el equilibrio entre el desarrollo económico con la preservación del medio ambiente y la salud pública, por lo que se debe adoptar un enfoque integral, el cual considere la interacción entre factores económicos, ambientales y sanitarios, por lo que se deben abordar dichos desafíos, permitiendo la sostenibilidad ambiental en materia agrícola, especialmente en la producción del aguacate.

Siendo que debe prevalecer el equilibrio entre producción y medio ambiente ya que, como se ha señalado con anterioridad, existen normativas tanto a nivel federal como a nivel estatal que protegen la biodiversidad del Estado de Michoacán de Ocampo.

En resumen, la implementación de mecanismos que busquen restaurar y mitigar el daño a la biodiversidad del

Estado de Michoacán de Ocampo son fundamentales y prioritarios, ya que se tiene que hacer conciencia sobre los daños ocasionados al sistema ambiental del Estado de Michoacán de Ocampo.

### Referencias

- Arellano, R. (2021, marzo 28). Animales escapan a ciudades durante incendios forestales, pero no están a salvo; buscan albergue para su rescate, La Voz de Michoacán. <https://www.lavozdemichoacan.com.mx/michoacan/medio-ambiente/animales-escapan-a-ciudades-durante-incendios-forestales-pero-no-estan-a-salvo-buscan-albergue-para-su-rescate/>
- Bocco, G. y M. Mendoza. (1999). Análisis del cambio del uso del suelo en el estado de Michoacán, Instituto de Ecología-UNAM, SIMORELOS (CONACYT Regional).
- Climate Rights International. (2023). Unholy guacamole: Deforestation, water capture, and violence behind Mexico's avocado exports to the U.S. and other major markets. Recuperado 14 de diciembre de 2023, de <https://cri.org/reports/unholy-guacamole/>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2022). Tasas de Deforestación a Nivel Estatal, Comisión Nacional Forestal/Gerencia de Sistema Nacional de Monitoreo Forestal, Recuperado 23 de noviembre de 2023, de <https://snmf.cnf.gob.mx/deforestacion/>
- De la Tejera Hernández, B., Santos O., Á., Santamaría Q., H., Gómez M., T., & Olivares V., C. (2013). El oro verde en Michoacán: ¿un crecimiento sin fronteras? Acercamiento a la problemática y retos del sector aguacatero para el Estado y la sociedad. *Economía y Sociedad*, XVII (29), 15-40.
- De la Torre Torres, R. M. (2021). Descosificando a los demás animales: las resistencias desde el derecho civil. *Revista Latino-Americana De Direitos Da Natureza E Dos Animais*, 4(2), p. 44-61. Recuperado de <https://cadernosdoceas.uccsal.br/index.php/rldna/article/view/956>
- De la Vega N. (2022). El consumo de aguacate crece, pero los retos para su cultivo también. Publicado 30 de marzo del 2022. <https://n9.cl/xfmjio>
- El 'Oro verde' o aguacate desplaza la biodiversidad en Michoacán. (2019, diciembre 13). *Revista la Campaña*. <https://revistalacam-pina.mx/2019/12/13/el-oro-verde-o-aguacate-desplaza-la-biodiversidad-en-michoacan/>
- Gómez-Sánchez, A. & Salgado-Ortiz, J. (s. f.). Recuperado 23 de noviembre de 2023, de <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/444-numero-51/848-el-cultivo-de-aguacate-y-la-biodiversidad-de-las-aves.html>
- Luna, R. (2020), citado en Aguacates Y Explotación Tienen A 415 Especies Michoacanas En Peligro De Extinción, Tráfico de huevos de tortugas, felinos, hasta maderas preciosas en riesgo de extinguirse. Recuperado 22 de noviembre de 2023, de <https://www.changoonga.com/2020/09/08/aguacates-y-explotacion-tienen-a-415-especies-michoacanas-en-peligro-de-extincion/>
- Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de junio de 2013, consultable en [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFRA\\_200521.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFRA_200521.pdf).

# Enfermedad X, Capitalismo y Sociedades de Control

## Disease X, Capitalism and Control Societies

Ángel Gallardo<sup>1</sup> y Andrea Hernández Rangel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chavez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich.

<sup>2</sup> Doctorado Interinstitucional de Psicología, Universidad de Colima. Colima, México.  
Contacto: ahernandez189@uacol.mx

**Resumen.** Después del aislamiento obligatorio por COVID-19, la sociedad se enfrentó a un problema sin precedentes ¿Estaba preparada para contener un fenómeno de esa magnitud? La desinformación y otras circunstancias de precariedad por las que atraviesan los individuos, dirigen la atención al hecho de que quizás el sistema de salud no se encuentra capacitado para hacerle frente a la "enfermedad x". Es necesario replantear el objetivo de la salud hacia el colectivo para poder aminorar los estragos a los que la sociedad se enfrenta.

**Palabras clave:** enfermedad, paradigma, medios de comunicación.

**Abstract.** After the mandatory isolation due to COVID-19, society faced an unprecedented problem. Was it prepared to contain a phenomenon of that magnitude? Misinformation and other precarious circumstances that individuals go through, direct attention to the fact that health system might not be capable of dealing with "disease x". It is necessary to rethink the objective of health towards the collective to reduce the ravages that society, face.

**Keywords:** Illness, paradigm, mass media.

334,336 y casos recuperados 6,885,378. Dentro de toda esta estadística se reporta que un total de los casos confirmados en un 53.66% fueron para las mujeres y con un 46.34% los hombres. Estadística que al contrastarla y analizarla con las anteriores es el caso de las hospitalizaciones, al menos un 9.57% de los casos fueron hospitalizados o considerados ambulatorios. Si consideramos que dentro de la epidemiología existen sesgos de muestreo e interpretación, contextualizándolas con lo sufrido dentro de nuestro país se vuelve aún más catastrófico. Lo anterior se intensifica cuando volvemos a hacer mención de los escasos de recurso la cual franqueó durante toda la pandemia y el cómo repercusión en la confirmación de casos. Las estadísticas finales de la pandemia de covid 19 además de evidenciar el fracaso del sistema sanitario mexicano también demuestran nuestras vulnerabilidades a reparar en caso de una nueva hecatombe de proporciones épicas.

En adición a unas desoladoras estadísticas, las autoridades sanitarias del país continuaron optando por la centralización del sistema de salud y de sus insumos, lo cual se vio reflejado durante la segunda ola donde los estragos se intensificaron llevando a la saturación de las instituciones en las principales urbes capitalinas, subsecuente a este colapso en dichas sedes de la periferia de la republica emergían las carencias en cuanto a recursos diagnósticos y terapéuticos para los pacientes. El primer punto a destacar es que las formas de organización dentro de nuestro sistema sanitario deben de sufrir una radical modificación intensificando medidas cautelares y ejemplares, además de devolver al primer nivel de atención la seguridad y prestigio que merece. En cuanto a la población, un sistema tan estratificado como el nuestro a pesar de contar con múltiples instituciones de salubridad solo vulnera y desprotege a la población. Una de las paradojas más notorias mientras dicho suceso transcurría es que a pesar de contar con varios organismos encargados de preservar la salud de la sociedad, la gran mayoría de la población se encuentra sin el respaldo de una seguridad social por múltiples factores; desde laborales, educativos o bien hasta de clase social.

Se sigue hablando de "salud" cuando la realidad en la sociedad mexicana es

### Introducción y circunstancias:

En enero del 2020, el Centro Chino para el Control y la Prevención de Enfermedades (CCDC) identificó un agente causante de una neumonía hasta entonces desconocida. Le denominaron síndrome respiratorio agudo SARS-CoV-2, conocido posteriormente como COVID-19. En febrero del mismo año, en México el número de casos confirmados se elevó a 19,244 (con un 9.67% de fallecidos), por lo que las autoridades sanitarias recomendaron a la población en general el aislamiento en casa como medida de prevención al contagio (Suárez, et al., 2020).

Eventualmente las civilizaciones ven interrumpidos sus procesos de desarrollo debido a la aleatoria, estocástica y compleja naturaleza nos que rodea. El periodo histórico el cual comenzaba a gestarse previo a la pandemia se veía rodeado por el aura de revolución y el auge de la primavera latinoamericana, la emergencia de un movimiento como el feminismo comenzaba a hacer tambalear las entrañas del actual sistema imperante.

Cuando más se unía la gente, cuando más en común era nuestro discurso, fue cuando la tragedia acechó las puertas de la humanidad. Era el mejor y el peor de los tiempos. La interrogante sobre el horizonte se interpone:

¿Qué tan preparado se encontraba el sistema sanitario mundial para sostener tan dantesco episodio? ¿Existía una cultura sanitaria adecuada dentro de las sociedades para la contención de un fenómeno pandémico? La respuesta es clara, las condiciones y cultura de la prevención (haciendo énfasis en países como México) eran deficientes.

### Crónica de una tragedia anunciada:

En el caso de nuestro país el resumen es el siguiente: Con fecha de cierre del 25 de junio de 2023 según lo reportado por CONACYT y la dirección general de epidemiología dentro de su portal (actualmente disponible y sin modificación de estadísticas) se reportaron dentro del país 7, 633,355 casos confirmados; 11,638,267 negativos, sospechosos 830, 243; defunciones

que la salud persiste como un concepto dependiente de la clase social; el sistema sanitario por lo tanto es extensión del clasismo imperante dentro de la sociedad y tradición mexicana. Las trágicas contradicciones que llevaron a la humanidad al colapso durante el año de 2020 siguen intensificándose de manera patológica a pasos agigantados, la humanidad ve imposible un cambio de brújula dentro del horizonte.

Las sociedades actuales se encuentran expuestas a dificultades de salud internas y coexistiendo con problemáticas espantosas que están fuera de su comprensión individual (como apatía, homofobia, individuos viviendo en condiciones indignas y de precariedad, desinformación, inoficación e incluso una crisis climática sin precedentes). Es necesario recalcar las repercusiones que tales problemáticas generan dentro de la colectividad (en cuanto su integridad mental) como estrés constante, incremento desmedido de ansiedad y depresión, todas ellas producen individuos incapaces de cuestionar y clarificar su entendimiento sobre un fenómeno tan importante como lo es el peligro latente de una nueva enfermedad que pueda emerger de la descomposición en la cual nos encontramos habitando. El entendimiento de la historia de una enfermedad se clarifica cuando las abordamos desde la perspectiva de la complejidad social e incluso ideológica.

### Una nueva perspectiva poco averiguada: enfermedad X

En años pasados, el periódico El País emitió una noticia que puede ir desde el amarillismo hasta la curiosidad (imagen 1). Es un título bastante bueno para una nueva conmoción universal es cierto, sin embargo, sometamos este título a ojo crítico.

Desmenuzando la noticia, según las definiciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), una “enfermedad X” es aquella enfermedad que es consecuencia de un patógeno aún no identificado y/o estudiado, capaz de provocar un padecimiento en el ser humano y también una crisis sanitaria mundial, una epidemia.

La problemática surge cuando esta definición actualmente se esparce, dentro de redes sociales como una alerta total,



## Ciencia / Materia

ASTROFÍSICA · MEDIO AMBIENTE · INVESTIGACIÓN MÉDICA · MATEMÁTICA

# La OMS advierte del peligro de “la enfermedad X”

## Bacterias o virus desconocidos podrían causar en el futuro una epidemia internacional grave, según el organismo internacional

Figura 1. Extracto del artículo del periódico El País, Rubio (2018)

como algo incuestionable y sin alternativa alguna.

Debemos destacar que este concepto ya estaba sobre las mesas de discusión de organismos internacionales sanitarios. Dos años previos a la pandemia de COVID-19, la OMS documentó dentro de sus portales una lista de enfermedades prioritarias (catálogo de padecimientos clínicos asociados en su gran mayoría a agentes infecciosos emergentes) (WHO 2019), a las cuales se debería de presupuestar más recursos, además de intensificar estudios para analizar su comportamiento dentro de los humanos. La paradoja del sistema de salud que ocurrió durante el aislamiento obligatorio por COVID-19, denota que hace falta más análisis sobre el concepto de “enfermedad x”, tanto por teóricos de la medicina, epidemiólogos además de la inclusión de expertos en ciencias sociales. En el portal en línea de la OMS y dentro del mismo catálogo de enfermedades, se

puede encontrar algunas entradas al respecto, hablando de la “enfermedad x” como un peligro latente, sin embargo, no existe mayor juicio crítico de lo que implica la aparición de un concepto así y de las circunstancias que hacen emerger una patología como esta. La comunidad científica guardaba una discreta advertencia tras haber experimentado los primeros brotes y estragos de la nueva entidad llamada “síndrome de dificultad respiratoria”, el hecho de que algunos miembros de la comunidad científica comenzaran a advertir de la aparición de este nuevo proceso sindrómico genera eco dentro de las mentes de las personas al considerar que por los antecedentes esto pudo ser una estrategia de control poblacional. La conclusión a lo anterior es que los procesos virales son más tortuosos y catastróficos cuando se potencializan paralelo a la construcción de virus ideológicos los cuales guardan su sustento bajo la mentira, manipulaciones mediáticas e intereses económicos

además del sometimiento social bajo regímenes autoritarios. Las advertencias son claras; en un sistema el cual se alimenta de la crisis y donde la salud se diluye entre redes y vacíos informativos, aunque exista una cura orgánica el daño es irremediable cuando el terreno de lo mental se ha colonizado por un fenómeno tan letal como la infoxicación.

### **Enfermedad X y sociedades de control: alerta de un nuevo paradigma médico.**

Hegel escribió que “lo único que podemos aprender de la historia es que no aprendemos nada de ella...” (Zizek, 2023, p.39). Restaurar un sistema sanitario mundial bajo estas circunstancias es una labor titánica. Los virus ideológicos generan en la psique colectiva una resignación e inmovilización. La aparición de alternativas dentro del horizonte es cada vez más complicada. En su libro “Pandemia”, Zizek (2023) guarda un apartado específico sobre los nuevos retos que acarrea un suceso como este. Su postulado es el siguiente: “comunismo o barbarie”.

Cuando se trae a la conversación la palabra “comunismo”, sucede una polémica inevitable. En una sociedad como esta, donde existe una emergencia de nuevas formas de control y autoritarismo, no existe espacio para el bienestar tanto individual, social y del propio ecosistema (Eco, 1955). Todo se resume en una lógica de consumo y mercado de enfermedad perpetua, de barbarie sin sentido. Zizek (2023) nos deja claro que la maquinaria actual debe de sufrir un colapso para replantearse la necesidad de retornar a la idea de la cooperación mutua no solo entre los diversos organismos mundiales, sino también entre las poblaciones.

La idea de colectividad evidencia que el proceso de salud-enfermedad no solo obedece a variantes orgánicas individuales; sino que también es resultado de sucesos interconectados dentro de un proceso histórico-social determinado. Se debe entender que erradicando de manera colectiva esta tendencia patológica hacia el consumo, el trabajo desmedido y precarizado de la existencia humana, la necesidad urgente de la intervención justa y apegada a velar en pro de la colectividad por parte de

## *El concepto de salud debe de evolucionar a ser considerado un bien preciado, no una extensión del consumismo o de la imagen*

organismos internacionales y reguladores de las industrias farmacéuticas además del fortalecimiento de las redes de apoyo internacionales para evitar la centralización y acaparamiento de los recursos sanitarios en tiempos donde estos flaquean; la riqueza pues debe de redistribuirse y con ello obtener mejora continua de los recursos tecnológicos, para tener cimientos de medicina preventiva, vacunas, atención integral y óptima los cuales puedan aminorar los estragos de situaciones como las que se afrontaron en 2020.

Con este tipo de intervenciones y algunas otras más que se escapan dentro de estas líneas se podría comenzar a reorientar la brújula hacia un estado eufuncional del mundo y la civilización.

El concepto de salud debe de evolucionar a ser considerado un bien preciado, no una extensión del consumismo o de la imagen; debe ser asequible a todos. Retomando el punto de los virus ideológicos, la enfermedad x potencializa su método de propagación cuando se encuentra replicándose bajo la lógica de la retroalimentación positiva.

¿En qué consiste esto? La retroalimentación positiva es uno de los principios fundamentales de la fisiología humana para poder entender el debut de la enfermedad, la perturbación sin control y regulación con tendencia a la alza de determinada variable dentro del cuerpo ineludiblemente traerá consigo el estado de enfermedad dentro de la ergonomía de los seres vivos. Ejemplo: si bajo el

contexto de un dolor de cabeza, los diversos y múltiples mediadores inflamatorios continúan adicionándose y no existe la presencia de algún proceso que contrarreste dicha operación (en este caso quien actuaría de manera antagónica es la medicina como antiinflamatoria) esto puede traer consigo severas complicaciones para el sistema nervioso. Ahora este ejemplo tomémoslo y ejecutémoslo dentro de los límites y problemas de la vida cotidiana: bajo la lógica del capital, el virus ideológico imperante es la acumulación de riqueza de manera infinita bajo un planeta lleno de recursos limitados y el rendimiento exhaustivo de la mente y cuerpo humano aun conociéndose sus límites. A la acumulación de bienes, el agotamiento de los recursos naturales, el subsecuente daño planetario, se agrega también una repercusión a la civilización humana con la aparición de sequias o cambios de tipo meteorológico y con ello una reacción en cadena la cual potencializará el estado de disfunción. En el caso del SARS-Cov2 y su relación con la retroalimentación positiva, se ejemplifica cuando entendemos que por medio de un fenómeno como la globalización en el cual se potencializa y enfatiza la búsqueda de ganancias y acumulación de capital a costa de la vida humana, crean un escenario idóneo para traer al planeta una crisis planetaria. El punto de quiebre llamado Sars-Cov2 refleja que la alternativa de seguir apostando a una ideología basada en la retroalimentación positiva, en el querer más sin analizar el precio a pagar es un culto a la autodestrucción; es una llamada de atención a las agendas globalistas e imperialistas, a los tecnócratas y elites de poder que dictan en sus discursos populistas la idea de “soberanía”, la catástrofe está indicando que este modelo ya no es una alternativa, contradiciendo la tan famosa frase de la antigua primer ministra Margaret Thatcher en 1980: “there is no alternative” (Scott, 2022).

Si bien las condiciones que propiciaron la aparición de esta “enfermedad x” después catalogada como COVID-19 persisten, de manera simultánea están retornando algunas alternativas ya conocidas, nuevos modelos de organización los cuales reconocen la interdependencia entre países y la primacía de que la acción

colectiva sincronizada y los nuevos modelos basados en la horizontalidad entre las personas serán siempre una alternativa en pro de la vida y para la supervivencia del planeta. La pregunta es la misma: ¿comunión, fraternidad y apoyo mutuo o miedo, barbarie y muerte?

### Hacia un nuevo paradigma...

En su libro *“La estructura de las revoluciones científicas”*, Thomas Kuhn (1962), habla sobre las etapas dentro de los periodos científicos, una de esas etapas es la de “crisis”. Donde la ciencia vieja confronta al nuevo mundo y la comunidad intelectual comienza la búsqueda de ideas o conocimiento que se acoplen a la realidad y necesidades del nuevo mundo. Los tiempos actuales son de una obvia crisis paradigmática, sin embargo, bajo el privilegio que poseen los intelectuales y profesionales (específicamente del área de la salud), esta crisis nos debe de impulsar en aminorar los estragos para aquel que se encuentra más vulnerado, es nuestro deber redirigir las páginas de la historia de la humanidad a terrenos fraternales, donde la tecnología y el saber pueda convivir de manera armoniosa con este planeta. Una nueva manera de vivir, puede ser concebida. Un nuevo paradigma está redactándose, su desenlace dependerá del rumbo que como humanidad otorguemos.

La reestructuración de este mundo debe comenzar y velar por principios fundamentales como el decrecimiento, alternativa donde en vez de perpetuar el

*La ideología que impone y se despliega a través de nosotros en nuestro día a día está comenzando a ser derrocada por la llegada de nuevos relatos y formas de entender a la ciencia*

modelo de retroalimentación positiva y culto a la muerte, opta por una conciencia del entorno. Reza en ser considerado ante la tierra y los recursos que emergen de ella, que la fuente del trabajo como lo son los seres humanos deben de reconocer los límites de sus capacidades, además de tener presente cuales son los niveles establecidos para evitar el daño entre nuestra especie erradicar las fronteras y barreras ideológicas que potencialicen la catástrofe. recuperar nuestra educación, nuestra información, nuestra realidad. Hoy en día las creencias de las personas se encuentran sujetos a la inmediatez, enjambres de comunidades y desinformación manipuladas por redes sociales que solo acrecientan los daños al tejido social a base de algoritmos y control mental para influir en la toma de decisiones de cada persona expuesta a este tipo de contenidos. No queremos olvidar el rol de progreso que la tecnología actual ha brindado a la humanidad, si bien internet trajo consigo la propagación de manera fugaz de una contingencia y con ello favoreció a la movilización de las fuerzas sanitarias y estatales de todo el mundo, sin embargo, esto se ve opacado cuando existe una monopolización de la información y con ello un sometimiento de criterio colectivo.

Quien controla el lenguaje, controla también la realidad y con ello obtiene el poder que tanto busca. Un deber de la humanidad es recuperar la tecnología, al lenguaje, al conocimiento; la restauración del proyecto humano comenzará también con la redistribución de estos bienes y garantizar la preservación y mejora de nuestra especie una vez obteniéndolos de vuelta.

El proyecto de reestructuración continua desarrollando y afinando los que deberían de ser nuestros puntos de encuentro como humanidad: coberturas de atención medica primaria y secundaria para todos, apostar por un modelo de sanidad universal que desconozca de clases sociales y al cual se pueda acceder sin importar la cantidad de dinero que se encuentre en el bolso, apostar por un modelo de horizontalidad en la formación de nuevos agentes sanitarios además de una reeducación a la sociedad sobre el concepto de salud. Cuando hablamos de salud universal, no es que digamos salud para todos y ya; hacemos mención de que

este proceso es y ha sido ineludiblemente colectivo, uno interconectado de manera micro hasta macroscópica. Cuando hablamos de hacer emerger un nuevo paradigma, también hablamos de modificar el culto a la individualidad que impera dentro de la cultura del capital cuando también se habla de salud.

La ideología que impone y se despliega a través de nosotros en nuestro día a día está comenzando a ser derrocada por la llegada de nuevos relatos y formas de entender a la ciencia médica por medio de un fenómeno como lo es la interdisciplinariedad y la universalización de las ciencias. Michel Foucault en su texto “el nacimiento de la clínica” mencionaba que, para ser curado, el hombre pues debe de ser primero liberado.

La liberación y cura de la sociedad actual no sabemos cuándo arribará a puerto, sin embargo, es a través de este tipo de ejercicios y con este tipo de pensamientos que nuevos paradigmas están construyéndose a lo largo de los recovecos de la realidad. Será por medio del cuestionamiento y la cooperación que una historia de la humanidad ser redactada, dependerá de nuestro esfuerzo y propósito como civilización a donde dirigiremos el desenlace.

### Referencias

- Kuhn, T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. (4 ed). Fondo de Cultura Económica.
- Rubio, I. (13 de marzo de 2018). La OMS advierte del peligro de “la enfermedad X”. *El País*. [https://elpais.com/elpais/2018/03/13/ciencia/1520942045\\_926177.html](https://elpais.com/elpais/2018/03/13/ciencia/1520942045_926177.html)
- Scott, J. (2022). “There is no alternative”? The role of depoliticization in the emergence of populism. *Politics*, 42(3), 325-339. <https://doi.org/10.1177/0263395721990279>
- Suárez, V., Suarez Quezada, M., Oros, S. y Ronquillo, E. (2020). Epidemiología de COVID-19 en México: del 27 de febrero al 30 de abril de 2020. *Revista Clínica Española*, 220(8), 463-471. <https://doi.org/10.1016/j.rce.2020.05.007>
- Zizek, S. (2023). *Pandemia*. Nuevos Cuadernos Anagrama.
- COVID-19 Tablero México. (s. f.). COVID - 19 Tablero México. <https://datos.covid-19.conacyt.mx/>
- Foucault, M. (2013). *El nacimiento de la clínica*. Siglo XXI Editores México.
- Héctor, H. B. (2021, 7 enero). *COVID-19 en México: un perfil sociodemográfico*. <https://hdl.handle.net/11362/46557>

# Leviatán y Contrato Social en salud pública: acerca de la pandemia de COVID-19 (2020-2023)

## *Public health, civil rights and collective interests. Leviathan, Social Contract and individual freedom during the COVID-19 pandemic*

Enrique Fernández Vilas

Departamento de Economía Aplicada. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Granada. Granada, España.  
Contacto: enriquefernandezvilas@gmail.com

**Resumen.** El presente artículo analiza la tensión entre derechos individuales e intereses colectivos en el contexto de la pandemia de COVID-19, basándose en las teorías de Thomas Hobbes y John Locke. Se destaca el progreso tecnológico en la era contemporánea, con un enfoque en la biomedicina, genética molecular, nanotecnología y cibernética, y su impacto en la creación de una sociedad interconectada y tecnológicamente dependiente. Se examina cómo estos avances han alterado la vida humana, llevando a fenómenos como la globalización cultural y nuevas formas de desigualdad. El texto se centra en la pandemia de COVID-19, comenzando con los brotes iniciales en Wuhan y la respuesta global a la crisis sanitaria, económica y social. Se aborda la tensión entre los derechos individuales y los intereses colectivos, analizando las perspectivas de Hobbes y Locke. Hobbes, en *Leviatán*, propone un contrato social donde los individuos ceden derechos para garantizar la seguridad colectiva, mientras que Locke, en su *Segundo Tratado sobre el Gobierno Civil*, defiende la protección de los derechos individuales y la propiedad privada. Así, exploramos cómo estas teorías filosóficas se aplican a la gestión de la pandemia. Por un lado, las medidas restrictivas reflejan la prioridad de la seguridad colectiva, alineándose con la visión *hobbesiana*. Por otro lado, los enfoques que enfatizan la responsabilidad y los derechos individuales siguen la filosofía de Locke. Se discuten los dilemas éticos y políticos que surgen al equilibrar la seguridad colectiva con los derechos individuales, especialmente en el contexto de crisis como la COVID-19.

**Palabras Clave.** Contrato Social; COVID-19; Salud Pública.

**Abstract.** This paper examines the tension between individual rights and collective interests in the context of the COVID-19 pandemic, drawing on the theories of Thomas Hobbes and John Locke. It highlights technological progress in the contemporary era, with a focus on biomedicine, molecular genetics, nanotechnology, and cybernetics, and its impact on creating an interconnected and technologically dependent society. The paper explores how these advancements have transformed human life, leading to phenomena such as cultural globalization and new forms of inequality. The text centers on the COVID-19 pandemic, beginning with the initial outbreaks in Wuhan and the global response to the health, economic, and social crisis. It addresses the tension between individual rights and collective interests, analyzing the perspectives of Hobbes and Locke. Hobbes, in *Leviathan*, proposes a social contract where individuals relinquish rights to ensure collective security, while Locke, in his *Second Treatise of Government*, advocates for the protection of individual rights and private property. Thus, we explore how these philosophical theories apply to the management of the pandemic. On one hand, restrictive measures reflect the priority of collective security, aligning with Hobbesian vision. On the other hand, approaches that emphasize responsibility and individual rights follow Locke's philosophy. The ethical and political dilemmas arising from balancing collective security with individual rights, especially in the context of crises like COVID-19, are discussed.

**Keywords.** COVID-19; Public Health; Social Contract.

### Introducción

Uno de los aspectos más destacados y al mismo tiempo preocupantes de nuestra era es el progreso tecnológico. Hemos visto avances significativos en campos como la biomedicina, genética molecular, nanotecnología y cibernética, que han contribuido a crear una sociedad más

interconectada y con niveles de comunicación sin precedentes. Sin embargo, esto también ha llevado a una mayor dependencia de la tecnología y un enfoque que considera que el desarrollo científico y tecnológico lleva a un mayor progreso económico en nuestras sociedades. Estos cambios han alterado drásticamente la vida humana y han dado lugar a fenómenos como la

globalización cultural, nuevas formas de pobreza, expansión de los mercados financieros, tipos emergentes de desigualdad y cuestionamientos al consenso democrático, contribuyendo a un mundo más globalizado y marcado por el riesgo y una naturaleza "líquida" en su estructura y enfoques (cfr. Bauman, 2023; Powell, 2023; entre otros).

En la última parte de 2019, brotes de una neumonía atípica en Wuhan, China, alertaron a las autoridades sanitarias. Inicialmente conocido como 2019-nCov por la comunidad científica, el virus fue más tarde nombrado Sars-CoV-2 por el Committee on Taxonomy of Viruses. A medida que la pandemia se extendía, durante aproximadamente tres años (2020-2023), los países adoptaron estrategias más adaptables para manejar el virus, prefiriendo medidas de mitigación sobre el distanciamiento social.

Estas medidas incluyeron el uso generalizado de mascarillas, pruebas y rastreo de contactos, y la reapertura de negocios y escuelas con protocolos de seguridad. Este escenario generó una crisis sanitaria, económica y social sin precedentes en la historia reciente (vid. Figuras 1 y 2), exacerbando varias formas de desigualdades que se alimentaban mutuamente entre sí en medio de la incertidumbre y el riesgo.

En este sentido, la tensión inherente entre los derechos individuales y los intereses colectivos ha sido objeto de profunda reflexión

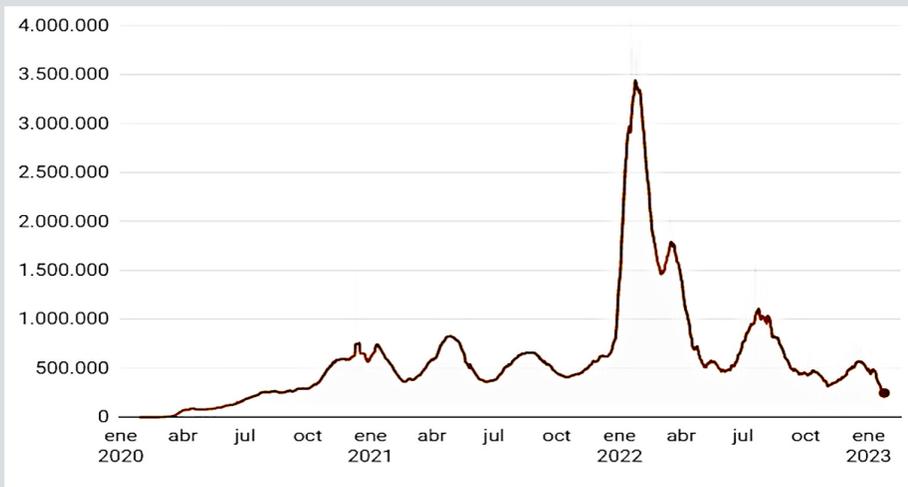


Figura 1. Evolución de la transmisión durante la pandemia (2020-2023).  
Fuente: adaptado de Johns Hopkins University (2023).

secuencialmente a través de un proceso donde la razón juega un papel de valor primordial, Locke argumenta que en el estado de naturaleza se reconoce la existencia de la ley natural, siendo cada persona su propio agente ejecutor en dicho estado.

Éticamente, Locke sostiene que la moralidad no está necesariamente en conflicto con los intereses individuales. La propiedad privada, por ejemplo, es vista como un derecho sagrado que contribuye al bienestar colectivo al incentivar la productividad y la prosperidad.

### El escenario: la COVID-19

En la era de la globalización, muchas ciudades modernas han sido transformadas en lo que se conoce como *smart cities* (vid. Haleboua, 2020; Javed *et al.*, 2022). Este cambio ha quedado evidenciado en el uso de tecnologías de vigilancia por parte de los gobiernos alrededor del mundo para controlar la COVID-19.

Estas tecnologías incluyen dispositivos como sistemas de geolocalización, cámaras térmicas, sensores de movimiento, GPS y APIs. Estas herramientas han introducido una nueva dimensión en el análisis social y cultural de la situación

por parte de pensadores políticos a lo largo de la historia (Tobar, 2013). Thomas Hobbes y John Locke, prominentes filósofos del siglo XVII, abordaron esta partición desde perspectivas opuestas. Este ensayo expone cómo Hobbes y Locke abordan la reconciliación entre lo individual y lo colectivo en términos éticos y políticos, así como analizar la posibilidad de aplicación de sus propuestas en la crisis de COVID-19.

Thomas Hobbes, en su *Leviatán* (Hobbes, 1651/2005), desarrolló una visión pesimista de la naturaleza humana y propuso un contrato social en el cual los individuos renuncian a ciertos derechos en favor de un soberano para garantizar la seguridad colectiva. Para Hobbes, el Estado, personificado por el Leviatán, era esencial para prevenir el caos y la violencia que surgirían en el estado de naturaleza (Hobbes, 1651/2005). En términos éticos, Hobbes argumenta que el egoísmo individual y la búsqueda de la autoconservación son impulsos fundamentales. La ética, según Hobbes, radica en el acuerdo tácito de renunciar a ciertos derechos naturales para establecer la seguridad y la estabilidad del conjunto social (Hobbes, 1651/2005)

Contrastando con Hobbes, John Locke (1689/2015), en su *Segundo Tratado sobre el Gobierno Civil*, abogó por la protección de los derechos individuales y la propiedad privada.

Locke concibió la ley natural como un estado de libertad en el cual los individuos gozan de derechos naturales como la vida, la libertad y la propiedad. El gobierno, según Locke, se establece para proteger estos derechos, y los individuos conservan el derecho de rebelarse si el gobierno abusa de su poder (Locke, 1989/2015).

La ley mencionada se fundamenta en la razón, ya que, al poseer todos las mismas capacidades, se impone a cada individuo el deber de no autoeliminarse. Mientras Hobbes sostiene que la ley natural se establece

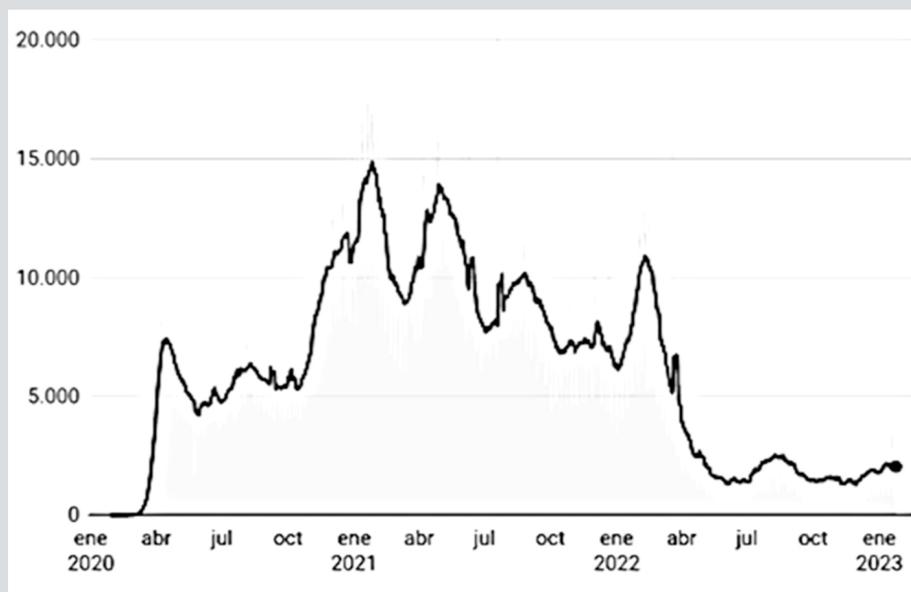


Figura 2. Evolución de las muertes diarias durante la pandemia (2020-2023).  
Fuente: adaptado de Johns Hopkins University (2023).

pandémica, en un mundo marcado recientemente por restricciones a la libertad de movimiento y un mayor control. Además, las nuevas dinámicas sociales, que forman parte de lo que fue denominado “nueva normalidad”, implican un cambio significativo en la forma en que interactuamos y nos relacionamos, influenciadas en gran medida por el distanciamiento social como una medida efectiva (Qian & Jiang, 2022). Principio del formulario

De esta forma, la pandemia de COVID-19 ha generado un escenario global que pone a prueba las ideas de Hobbes. En la implementación de medidas de confinamiento y restricciones, los gobiernos han actuado en línea con la prioridad de la seguridad colectiva sobre los derechos individuales. La imposición de cuarentenas y el cierre de fronteras reflejan una respuesta *hobbesiana* (en línea con el pensamiento de Thomas Hobbes) para contener la propagación del virus y garantizar la salud pública.

Sin embargo, la efectividad de estas medidas es objeto de debate. Si bien las restricciones pueden ser justificadas desde una perspectiva de seguridad colectiva, la duración y la extensión de las limitaciones plantean cuestionamientos éticos. ¿En qué medida se justifica sacrificar derechos individuales en aras de la seguridad colectiva? Además, las desigualdades socioeconómicas acentuadas por la crisis señalan la necesidad de consideraciones éticas más profundas al abordar la seguridad colectiva.

En contraste, los principios *lockeanos* también encuentran aplicación en la respuesta a la crisis. Países que han optado por enfoques más liberales, confiando en la responsabilidad individual, reflejan la creencia en la protección de los derechos individuales aun en tiempos de emergencia. Estos lugares han evitado restricciones severas y han buscado mantener un equilibrio entre la seguridad colectiva y la libertad individual.

No obstante, la aplicación de los principios de Locke en la crisis de

COVID-19 no está exenta de discusión. La confianza en la responsabilidad individual puede ser socavada por comportamientos irresponsables que ponen en riesgo la salud colectiva. Además, surge una pregunta de primer orden: ¿hasta qué punto se pueden proteger los derechos individuales sin comprometer gravemente la seguridad colectiva en una situación de emergencia global?

### El Estado de Excepción, Alarma o Sitio

En tiempos de guerra o amenazas inminentes, los gobiernos a menudo han adoptado medidas para garantizar la seguridad colectiva, siguiendo el pensamiento de Hobbes. Un ejemplo histórico es la imposición de leyes marciales durante la Segunda

Guerra Mundial en varios países, donde se limitaron los derechos individuales en aras de la seguridad nacional. Más recientemente, durante la pandemia de COVID-19, se han implementado medidas de confinamiento y restricciones de movimiento en muchos lugares para frenar la propagación del virus, sacrificando temporalmente derechos individuales en nombre de la seguridad colectiva.

La implementación de medidas *hobbesianas* para garantizar la seguridad colectiva a menudo plantea dilemas éticos. La restricción de derechos individuales puede conducir a abusos de poder, discriminación y erosión de las libertades fundamentales. Resulta entonces esencial evaluar si las restricciones son



Figura 3. Restricciones de los vuelos internacionales en el continente americano. Fuente: adaptado de Pasquali (2020).

proporcionadas, temporales y necesarias para evitar consecuencias éticas no deseadas:

Un Estado por adquisición es aquel en que el poder soberano se adquiere por la fuerza. Y por la fuerza se adquiere cuando los hombres, singularmente o unidos por la pluralidad de votos, por temor a la muerte o a la servidumbre, autorizan todas las acciones de aquel hombre o asamblea que tiene en su poder sus vidas y su libertad (Hobbes, 1651/2005: 62).

En situaciones de crisis sanitarias, algunos países han adoptado enfoques que priorizan la protección de los derechos individuales. Por ejemplo, Suecia optó por medidas menos restrictivas durante la pandemia de COVID-19, confiando en la responsabilidad individual. Este enfoque refleja la confianza en la capacidad de las personas para tomar decisiones informadas sobre su salud y comportamiento, siguiendo la perspectiva de Locke.

Durante protestas y disturbios civiles, se ha observado la protección de los derechos individuales como una prioridad en algunas circunstancias. El respeto a la libertad de expresión y reunión se ha defendido como esencial para la democracia, incluso en momentos de agitación política. Este enfoque busca mantener la estabilidad social sin comprometer los derechos fundamentales de los ciudadanos. La aplicación de enfoques *lockeanos* en crisis contemporáneas a menudo enfrenta a significativa discusión. La confianza en la responsabilidad individual puede ser eficaz en sociedades con un alto grado de conciencia cívica, pero en contextos donde la cooperación es limitada, como en pandemias, puede resultar insuficiente, así como poner en riesgo la seguridad colectiva.

La protección de los derechos individuales puede entrar en conflicto con la necesidad de salvaguardar la seguridad colectiva. En casos de amenazas terroristas, por ejemplo, la necesidad de garantizar la seguridad

puede llevar a la limitación de ciertos derechos civiles. La determinación de un equilibrio justo entre ambas prioridades es una constante.

### **Discusión y conclusiones: seguridad, libertad y coacción durante la COVID-19**

A lo largo de los siglos, la tensión entre los derechos individuales y los intereses colectivos ha sido una constante. Hobbes y Locke, representantes destacados de la filosofía política del siglo XVII, ofrecen perspectivas diferentes sobre cómo abordar esta tensión. Sin embargo, la aplicación práctica de estas ideas en situaciones de crisis contemporáneas sigue siendo un debate complejo. Mientras reflexionamos sobre las propuestas de Hobbes y Locke, es imperativo considerar cómo estas teorías pueden guiar nuestras decisiones en un mundo marcado por crisis sanitarias, climáticas, sociopolíticas y económicas.

La tensión entre derechos individuales e intereses colectivos persiste en la práctica contemporánea, y las ideas de Hobbes y Locke ofrecen perspectivas que cabe poner en valor para abordar esta dicotomía (Tobar, 2013). La implementación de medidas centradas en la seguridad colectiva y la protección de derechos individuales presenta debates de gran complejidad, y la evaluación crítica de la efectividad y las implicaciones éticas es esencial. En un mundo marcado por diversas crisis, la búsqueda de un equilibrio justo entre estos dos aspectos fundamentales de la filosofía política continúa siendo una tarea prioritaria para las sociedades modernas.

De esta forma, en la confrontación de la crisis de COVID-19, las perspectivas de Hobbes y Locke han convergido y divergido. La aplicación de medidas restrictivas refleja la prioridad de la seguridad colectiva, una noción *hobbesiana*, mientras que los enfoques más liberales buscan proteger los derechos individuales, siguiendo la filosofía de Locke.

El dilema ético persiste: ¿cómo reconciliamos las demandas de la

seguridad colectiva con la protección de los derechos individuales en tiempos de crisis? Esta pregunta sigue siendo una discusión filosófica y política de primer orden. La pandemia de COVID-19 ha demostrado que, incluso en tiempos de emergencia, la reflexión sobre la relación entre lo individual y lo colectivo es esencial para guiar las decisiones éticas y políticas. Primordialmente, porque términos del propio Rousseau, todo depende de la política (Rousseau, 1781/2008).

Así, la aplicación de las ideas de Hobbes y Locke en esta crisis ha revelado las fricciones inherentes a esta dicotomía, destacando la necesidad de un equilibrio justo que salvaguarde tanto la seguridad colectiva como los derechos fundamentales de los individuos.

---

### **Referencias**

- Bauman, Z. (2023). Organization for Liquid-Modern times? *Critical Sociology*, 49(6), 923-933. <https://doi.org/10.1177/08969205231170923> (manuscrito inédito de 2008).
- Halegoua, G. (2020). *Smart cities*. MIT press.
- Hobbes, T. (2005). *Leviatán, o la materia, forma y poder de una república, eclesiástica y civil*. Fondo de Cultura Económica (publicado originalmente en 1651).
- Javed, A. R., Shahzad, F., Rehman, S., Zikria, Y. B., Razzak, I., Jalil, Z., & Xu, G. (2022). Future smart cities: Requirements, emerging technologies, applications, challenges, and future aspects. *Cities*, 129, 103794. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103794>
- Johns Hopkins University (2023). *COVID-19 Dashboard*. <https://n9.cl/gj7w>
- Locke, J. (2015). *Segundo tratado sobre el gobierno. Un ensayo sobre el verdadero origen, alcance y fin del gobierno civil*. Gredos (publicado originalmente en 1689).
- Qian, M., & Jiang, J. (2022). COVID-19 and social distancing. *Journal of Public Health (Berl.)* 30, 259-261. <https://doi.org/10.1007/s10389-020-01321-z>
- Rousseau, J. J. (2008). *Confesiones*. Alianza (publicado originalmente en 1781).
- Pasquali, M. (2020). ¿Qué países americanos han impuesto restricciones a los vuelos internacionales? *Statista*. <https://n9.cl/quzpx>
- Powell, J. (2023). Health and Care in the 'Risk Society'. En J. Powell (ed.). *New Perspectives on Health and Social Care* (pp. 103-115). Springer.
- Tobar, C. A. (2013). Sobre el individualismo liberal: una aproximación a la tensión entre el individuo y la sociedad. *Questiones Disputatae: Temas en Debate*, 6(13), 13-26.

## Introducción

La migración es un fenómeno social que ha estado presente a lo largo de la historia de la humanidad. Siglos atrás, las personas se desplazaban de un lugar a otro (nómadas) para acceder a mejores fuentes de alimentación y así subsistir. En la actualidad la migración es causada por múltiples determinantes: sociales, culturales, demográficos, ambientales, económicos y políticos. Todas y cada una de las causas de la migración son justificadas, porque los migrantes no tienen opción, son obligados a abandonar sus países de origen.

“En 2020 había en el mundo aproximadamente 281 millones de migrantes internacionales, una cifra equivalente al 3.6% de la población mundial. En los últimos 5 años, la migración internacional ha aumentado de manera alarmante” (OIM, 2022).

La región de Centroamérica ha contribuido de manera importante a las cifras anteriormente mencionadas, dado que sus ciudadanos han constituido diversos flujos migratorios a través de las llamadas: “caravanas migrantes”. “Las caravanas migrantes se caracterizan por ser una modalidad de viaje gratuito y estar integradas por flujos migratorios mixtos, cuyo objetivo es llegar a Estados Unidos” (OIM, 2021a). Los migrantes han decidido desplazarse a través de grupos

# Los migrantes centroamericanos no viven, sobreviven

## Central American migrants do not live, they survive

Víctor Hugo Ortiz Montalvo, María Jimena Arciga Ornelas

Facultad de Salud Pública y Enfermería, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia Mich., México.

Contacto: victorhugoortizmontalvo@gmail.com

**Resumen.** Los migrantes centroamericanos (hondureños, guatemaltecos, salvadoreños, nicaragüenses, panameños, beliceños, costarricenses) que transitan por México para llegar a Estados Unidos de América y acceder a una mejor calidad de vida son considerados uno de los grupos sociales más vulnerables. Desde el momento en que los migrantes centroamericanos abandonan su país de origen, en su transitar por nuestro país, sufren: violaciones de derechos humanos, hambre, inseguridad alimentaria, problemas de salud, falta de acceso a servicios de salud, condiciones climáticas adversas, desigualdades sociales, daños en su integridad, violencia física, violencia sexual, delitos, abusos, inseguridad, desempleo, pobreza extrema, malas condiciones de vivienda, rechazo, discriminación, injusticias y leyes en contra. Por todo lo anterior, los migrantes centroamericanos carecen de una buena calidad de vida, sobreviviendo día con día a los múltiples retos del fenómeno social de la migración.

**Palabras clave:** caravanas, centroamericanos, migrantes.

**Abstract.** Central American migrants (Hondurans, Guatemalans, Salvadorans, Nicaraguans, Panamanians, Belizeans, Costa Ricans) who transit through Mexico to reach the United States of America to access a better quality of life; They are considered one of the most vulnerable social groups. From the moment Central American migrants leave their country and as they travel through our country, they suffer: human rights violations, hunger, food insecurity, health problems, poor access to health care services, adverse weather conditions, inequalities social problems, damage to their integrity, physical violence, sexual violence, crimes, abuses, insecurity, unemployment, extreme poverty, poor housing conditions, rejection, discrimination, injustices and laws against them. For all of the above, Central American migrants lack a good quality of life, surviving day by day the multiple challenges of the social phenomenon of migration.

**Keywords:** Migrant caravans, central americans, migrants.



Figura 1. Caravana de migrantes hondureños en Guatemala. Autor: IOM Guatemala/Jonathan Mazariegos, 2021.

Tomada de: <https://news.un.org/es/story/2021/12/1500862>



Figura 2. Caravana de migrantes. Los emigrantes centroamericanos se desplazan en medios de transporte poco seguros, que ponen en riesgo su vida. Autor: OIM / Rafael Rodríguez, 2020. Tomada de: <https://news.un.org/es/story/2020/10/1481812>

masivos de personas (caravanas) para protegerse entre todos de las autoridades migratorias, pandillas, grupos delincuenciales, coyotes y polleros que abusan con mayor frecuencia de pequeños grupos o migrantes solitarios.

El concepto de las caravanas migrantes surge en 2018, a partir de ahí se han incrementado de manera alarmante los grupos y caravanas de migrantes centroamericanos que transitan por nuestro país hacia Estados Unidos. De acuerdo con la Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados “Un porcentaje elevado de centroamericanos están siendo forzados a abandonar sus hogares. A nivel mundial, la cifra se acerca a las 597,000 personas refugiadas y solicitantes de asilo de El Salvador, Guatemala y Honduras” (ACNUR, 2024).

Las caravanas de migrantes centroamericanos son causadas por problemas estructurales de fondo que evidencian crisis humanitarias que van más allá del desempleo o de no percibir un salario digno y bien remunerado. Quienes deciden migrar, lo hacen porque su vida corre peligro al enfrentar situaciones de persecución política, inseguridad, delincuencia organizada, conflictos bélicos, conflictos sociales, desastres naturales y consecuencias derivadas del cambio climático.

De acuerdo a la ONU, en los últimos años la pobreza, inseguridad, las desigualdades sociales por la pandemia de COVID-19 y los efectos del cambio climático (olas de calor, incendios forestales, sequías, tormentas, inundaciones, subidas del nivel del mar, huracanes, escasez de alimentos, menor

rendimiento de cultivos, pérdida de ganado) han desencadenado el desplazamiento de casi un millón de personas en México y Centroamérica.

Resulta fundamental, replantear los modelos de contención migratoria que han prevalecido a lo largo de décadas y que históricamente no han funcionado porque lejos de disminuir los flujos migratorios han aumentado de manera alarmante. El Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados Filippo Grandi establece que en lugar de levantar muros para contener a la gente, se tienen que atender los orígenes de la migración para mejorar la calidad de vida de los centroamericanos y garantizar un verdadero estado de derecho. La



Figura 3. La frontera entre México y los Estados Unidos es la ruta migratoria terrestre más peligrosa del mundo debido a la altura del muro, la irregularidad del terreno y las situaciones de violencia de esa zona. Autor: OIM/Camilo Cruz, 2023. Tomada de: <https://www.iom.int/es/news/la-frontera-entre-estados-unidos-y-mexico-es-la-ruta-migratoria-terrestre-mas-peligrosa-del-mundo>

construcción de muros fronterizos, el aumento de la vigilancia migratoria, las deportaciones masivas de indocumentados y refugiados no han solucionado el fenómeno social de la migración y han exacerbado las crisis migratorias en materia de derechos humanos.

### Problemáticas que Afectan a las Caravanas Migrantes de Centroamericanos

Desafortunadamente, los migrantes centroamericanos no pueden escapar de la realidad adversa que viven en sus países de origen, debido a que, al desplazarse y movilizarse, son víctimas de violaciones constantes a sus derechos humanos que transgreden su integridad y ponen en riesgo su vida. A continuación, se mencionan los principales problemas que enfrentan las caravanas migrantes de centroamericanos:

#### Arriesgar la vida en el cruce fronterizo entre México y los Estados Unidos.

La frontera entre México y los Estados Unidos forma parte de las rutas migratorias más peligrosas del mundo. “Las principales causas de muerte en esta zona fronteriza son el ahogamiento, caídas del muro fronterizo, muertes provocadas por las duras condiciones ambientales, la falta de refugio, alimentos y agua” (OIM, 2021b).



Figura 4. Los migrantes no son delincuentes o criminales, son personas que buscan una mejor calidad de vida y requieren protección a sus derechos humanos. Basta de odio, rechazo, estigmatización y discriminación. Tomada de: <https://coninformacion.undav.edu.ar/240.html>

Además, quienes intentan cruzar por esta zona fronteriza son víctimas de delitos (extorsiones, desapariciones forzadas, secuestros, reclutamientos forzados, robos, violencia física, abusos sexuales) cometidos en gran medida por agentes migratorios que lejos de brindar protección a los derechos humanos de quienes buscan una mejor calidad de vida dañan su integridad física, psicológica o sexual.

**Problemas de salud.** Los migrantes centroamericanos enfrentan condiciones climáticas adversas, higiene deficiente, escaso acceso a alimentos, malas condiciones de vivienda, caídas, violencia física y violencia sexual que aumentan el riesgo de contraer infecciones y desarrollar padecimientos crónicos. Las enfermedades diarreicas, golpes de calor, deshidrataciones, lesiones, traumatismos, sarampión, hepatitis y las enfermedades transmitidas por alimentos y el agua se consideran las principales causas de daño a la salud de los migrantes. Además, los migrantes indocumentados suelen excluirse de los programas nacionales de salud, situación que agudiza los padecimientos y aumentan las complicaciones médicas por no recibir atención oportuna en materia preventiva, diagnóstica y terapéutica.

**Violencia física, sexual, abusos y delitos.** Desafortunadamente los migrantes centroamericanos sufren daños en su integridad o pierden la vida

a causa de múltiples delitos cometidos por delincuentes, migras, coyotes, polleros o traficantes de migrantes. “Los migrantes centroamericanos son víctimas de secuestros, extorsiones, robos, reclutamiento forzado, abusos sexuales y violencia física” (ONU, 2019). Los delitos anteriores impactan negativamente en la calidad de vida de los migrantes afectando su salud física, psicológica y reproductiva.

**Xenofobia, racismo, odio, rechazo y discriminación.** Algunos actores políticos, sociales y autoridades gubernamentales de los Estados Unidos promueven discursos de odio en contra de los migrantes al considerarlos una amenaza para sus países y ejercer actos discriminatorios en su contra. Los expertos de la ONU manifestaron su preocupación “porque la respuesta estadounidense estigmatiza a los migrantes y refugiados al compararlos con delincuentes y las epidemias” (ONU, 2018). Los comentarios anteriores, motivan la realización de actos de violencia física y psicológica que dañan la integridad de indocumentados, solicitantes de asilo y refugiados.

#### Conclusión

Los gobiernos que integran la región de Centroamérica requieren atender de manera urgente los determinantes estructurales de tipo: social, cultural, demográfico, ambiental, económico y

político que originan las caravanas migrantes de centroamericanos. A su vez, los gobiernos de México y Estados Unidos de América deben implementar una política migratoria solidaria, libre de odio, sin discriminación, con protección y atención plena a los derechos humanos de migrantes en tránsito, solicitantes de asilo y refugiados. La migración debe ser opción y no una obligación, por tal motivo los gobernantes centroamericanos deben mejorar las condiciones de vida de sus gobernados, resolver crisis humanitarias, reducir las desigualdades sociales, garantizar un estado de derecho, cuidar el medio ambiente y atender las necesidades sociales que causan los desplazamientos masivos. Sólo a través de la paz y garantizando justicia social, se logrará que los migrantes centroamericanos tengan una buena calidad de vida

#### Referencias

ACNUR. La Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (2024). Desplazamiento en Centroamérica. Obtenido de: <https://www.acnur.org/mx/emergencias/desplazamiento-en-centroamerica#:~:text=Un número creciente de personas,El Salvador, Guatemala y Honduras.>

OIM. Organización Internacional para las Migraciones (2021a). Caravana enero 2021. Obtenido de: <https://infounitnca.iom.int/respuestas-a-emergencias/caravanas/caravana-enero-2021/#:~:text=Las caravanas migrantes se caracterizan,es llegar a Estados Unidos.>

OIM. Organización Internacional para las Migraciones (2022). Informe sobre las Migraciones en el Mundo 2022. Disponible en: <https://publications.iom.int/books/informe-sobre-las-migraciones-en-el-mundo-2022>

OIM. Organización Internacional para las Migraciones (2021b). Proyecto de migrantes desaparecidos. Obtenido de: <https://missingmigrants.iom.int/es/region/las-americanas>

OMS. Organización Mundial de la Salud (2022). Salud de los refugiados y migrantes. Obtenido de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/refugee-and-migrant-health>

ONU. Organización de las Naciones Unidas (2021). Las migraciones en Centroamérica no se contendrán con muros, dice el responsable de ACNUR. Obtenida de: <https://news.un.org/es/story/2021/12/1500882>

ONU. Organización de las Naciones Unidas (2019). Los migrantes guatemaltecos sufren abusos no solo de las pandillas, también de los funcionarios. Obtenido de: <https://news.un.org/es/story/2019/04/1454461>

ONU. Organización de las Naciones Unidas (2018). Los gobiernos han de proteger los derechos humanos de los integrantes de caravanas. Obtenido de: <https://news.un.org/es/story/2018/11/1446501#:~:text= Los Estados tienen que tomar, enfrentan graves amenazas.>

# El reto de la biotecnología: un análisis bioético de la importancia de la biotecnología

## *The challenge of biotechnology: a bioethical analysis of the importance of biotechnology*

**Karen Gutiérrez Solórzano y Ma. del Carmen Orozco Mosqueda**

Tecnológico Nacional de México en Celaya. Celaya, Gto., México.  
Contacto: carmen.orozco@itcelaya.edu.mx

**Resumen.** La bioética y la biotecnología son términos que se relacionan entre sí, dan estructura y permiten justificar el uso de un nuevo producto o servicio. El conocimiento acerca de estos temas permite formar un criterio, tener una perspectiva completa y a partir de ahí, decidir si lo que nos presentan es bueno o no. A lo largo de este artículo, se describirán algunos casos biotecnológicos que han causado controversia y que han sido abordados desde la bioética. Se pretende mostrar que la biotecnología es indispensable en la sociedad actual y que la bioética permite reflexionar y determinar los efectos benéficos o perjudiciales del proceso o producto biotecnológico para las generaciones presentes y futuras.

**Palabras clave:** Biotecnología, bioética, sociedad.

**Abstract.** Bioethics and biotechnology are terms related to each other, provide structure and justify the use of a new product or service. Knowledge about these topics allows to generate a criterion, to have a complete perspective and decide if something is good or not. Throughout this article, it will be described some controversial biotechnological cases and that have been studied from bioethics. The objective is to show the importance of biotechnology in actual society and that the bioethics allows to reflect and determine the beneficial or harmful effects of the biotechnological process or product for present and future generations.

**Key words:** Biotechnology, bioethics, society.

### Un poco de contexto: Biotecnología y bioética

La biotecnología ha estado involucrada en los procesos cotidianos por mucho tiempo, mejorando la calidad de vida de los

humanos. Se define como una amplia área del conocimiento moderno que combina de manera innovadora la biología y la ingeniería en procesos que generan bienes, servicios o conocimientos que promoverán el bienestar de la humanidad (Hernández,

2010). De acuerdo con el Convenio de la Diversidad Biológica de 1992, se define como toda aplicación tecnológica que utiliza sistemas biológicos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos, entre los sistemas biológicos o derivados están los organismos vivos, como las bacterias, hongos y virus o partes de ellos (Roa et al., 2019), así como el uso de tejidos y células (Hernández, 2010).

La biotecnología inició con las antiguas civilizaciones que descubrieron la fermentación de alimentos y la domesticación de animales y cultivos; como es el caso de los egipcios, sumerios y babilonios que descubrieron la fermentación del vino y el pan, o los aztecas en México que cosechaban algas de los lagos como una fuente de alimento (ArgenBio, 2021). Además, en Mesoamérica prehispánica se hallaron procesos biotecnológicos como el uso de la enzima papaína para ablandar la carne, la nixtamalización, alimentos fermentados a partir de magueyes, cacao y vainilla, obtención de pigmentos, colorantes y uso de taninos para la curtiduría, por citar algunos ejemplos (Larqué, 2016).

Estos descubrimientos contribuyeron a resolver problemas o estimular procesos en seres vivos, mejoramiento de plantas, animales y ambientes más útiles a los seres humanos, influir en la nutrición y desarrollar microorganismos para usos específicos (Roa et al., 2019). En la siguiente tabla se muestran algunos de los hechos más relevantes de la biotecnología a través del tiempo.

Actualmente, la biotecnología no puede ser concebida sin la bioética como instrumento rector. Los problemas éticos de las modernas biotecnologías necesitan, para poder ser solucionados, un esfuerzo interdisciplinario sin precedentes y una clara voluntad de reunir ciencias experimentales y ciencias humanas (López et al., 2020). De acuerdo con la Enciclopedia de Bioderecho y Bioética, la bioética es definida como el estudio sistemático de las dimensiones morales (incluyendo visión moral, decisiones, conducta y políticas) de las ciencias de la vida y la atención de la salud, empleando una variedad de metodologías éticas en un contexto interdisciplinario (Mainetti, 2024).



Figura 1. Cirujanos del Hospital General de Massachusetts en Boston realizando el primer trasplante de riñón de cerdo modificado genéticamente (Jiménez, 2024).

Tabla I.

Año	Aportación de la biotecnología
1902	Xenotrasplante Actualmente los trasplantes son modificados genéticamente para evitar el rechazo como es el caso de los pacientes David Bennett, Lawrence Faucette y Rick Slayman (Jiménez, 2024).
1909	Quimioterapia Uso de sustancias químicas con acción específica sobre las infecciones patogénicas. Entre 1940 y 1950 se creó la quimioterapia como un tratamiento contra la leucemia (Wills et al., 2021).
1951	Células HeLa Henrietta Lacks fue paciente del ginecólogo e investigador George Otto Gey, extrajo células del cuello uterino con las que pudo desarrollar el primer cultivo <i>in vitro</i> de células humanas (Cardozo et al., 2015).
1978	Proteínas recombinantes (PR) La primera PR aprobada para uso en humanos fue la insulina humana producida en <i>Escherichia coli</i> por la empresa Genentech (Lara, 2011).
1983	Alimentos transgénicos En 1983 Mary Dell Chilton desarrolló la primera planta transgénica de tabaco mediante el uso de <i>Agrobacterium tumefaciens</i> (Triana et al., 2024).
2011	Edición génica CRISPR El sistema CRISPR/Cas9 se utiliza en la generación de mutaciones y ediciones en lugares específicos del genoma (Díaz et al., 2021).

### Principios de la bioética

Si se analiza detalladamente, la bioética es una herramienta para determinar si un producto Biotecnológico será bueno para la sociedad, aunque esto supone un filtro para evitar peligro o riesgos, también implica un obstáculo para los avances tecnológicos. ¿Cómo se puede determinar si lo que se está haciendo desde la biotecnología es bueno o malo para la sociedad? ¿hay alguna manera de calificarlo? Para responder estas interrogantes, existe la bioética que consiste en un diálogo interdisciplinario entre ética y vida para abordar problemas complejos, en la actualidad se ha diversificado a temas tecnológicos y sociales que puedan tener repercusión sobre la salud humana y la biosfera. Algunos ejemplos que discute la bioética relacionados con la biotecnología son la manipulación genética, defensa del estatuto del embrión humano, técnicas de reproducción humana asistida, la eugenesia, la clonación reproductiva, el aborto, el trasplante de órganos, la selección de embriones, eutanasia y muerte digna, y la experimentación no sólo con material genético sino en y con seres humanos (López et al., 2020). Como ejes rectores, en la bioética existen cuatro principios que la sostienen: beneficencia, no

maleficencia, autonomía y justicia (García, 2006).

El principio de la *beneficencia* se refiere a la obligación de prevenir o aliviar el daño, hacer el bien u otorgar beneficios, es decir, el deber de ayudar al prójimo por encima de los intereses particulares (Ferro et al., 2009). *No maleficencia* se trata del principio básico de todo sistema moral. Se formula como la prohibición de producir, intencionada o imprudentemente, daño a otros (García, 2006). *La autonomía* de una persona es respetada cuando se le reconoce el derecho a mantener puntos de vista, a hacer elecciones y a realizar acciones basadas en valores y creencias personales (Ferro et al., 2009). Finalmente, el principio de *justicia* es un requisito esencial, exige el trato justo de las personas, el acceso justo al tratamiento y la distribución de los recursos independientemente del estatus social, edad, origen étnico, orientación sexual, discapacidad, capacidad jurídica y género (López et al., 2020).

Bajo estos principios, se analiza el impacto que tiene una idea de desarrollo biotecnológico ante la sociedad, sin dejar de lado la legislación del lugar donde se está trabajando, ya que la cultura e ideología influye en la respuesta de la población ante el nuevo conocimiento. Un claro ejemplo es el

uso de cultivos transgénicos. En muchos países las condiciones climáticas no favorecen la siembra de algunas plantas, por lo que está bien visto y permitido el uso de cultivos que porten genes de otro organismo (transgénicos). Dichos cultivos transgénicos mejoran la productividad, reducen costos de producción, generan resistencia a condiciones climáticas extremas o plagas, siempre cumpliendo con los principios de la bioética. Sin embargo, en México la siembra de plantas transgénicas no está permitida y la regulación fundamentada en la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados es muy clara. ¿Qué ventajas o desventajas tendría generar una planta de jitomate que pudiera resistir condiciones adversas? La falta de conocimiento influye en el rechazo de un nuevo producto obtenido a través de la biotecnología y en la generación de mejoras que eviten o disminuyan los riesgos que puedan representar.

### La controversia en la biotecnología

Existe una gran cantidad de ejemplos que se pueden abordar en este apartado, pero sólo se discutirán los de mayor impacto social. El primero, es uno de los sucesos que más ha marcado a la sociedad contemporánea, la pandemia por Covid-19 originada en China en diciembre de 2019 causada por el virus SARS-CoV-2. Fue el tiempo más oscuro que se haya tenido en la historia mundial reciente, ocurrieron millones de muertes y hubo el descenso de las economías mundiales más poderosas. Sin embargo, visto desde el punto de vista de un desarrollo biotecnológico, fue el origen de algo maravilloso: el trabajo de toda la humanidad para la generación de vacunas a una velocidad impresionante (García et al. 2021). Hasta antes de la pandemia del Covid19, para obtener una vacuna “tradicional” y ponerla en el mercado, se realizaban cientos de pruebas para garantizar la seguridad de la población, lo que representaba mucho tiempo antes de que pudiera ser utilizada en humanos. En el caso específico de la pandemia de Covid19, se acortaron las fases de estudio debido al número elevado de personas que estaban muriendo víctimas de ese nuevo virus. Manteniendo los principios bioéticos se logró una solución para el

problema. Las vacunas contra el Covid19 evitaron 19,8 millones de muertes tras su introducción en diciembre de 2021, un número alentador si se considera que se esperaba un incremento potencial de 31.4 millones de posibles víctimas durante el primer año (AFP, 2022). Este es un ejemplo que permite observar que la bioética estuvo presente para responder a una problemática social, ya que busca el bien común mayor.

Y es que la bioética es fundamental cuando se habla de organismos modificados genéticamente, porque como se puede entender, ese conocimiento debe ser controlado y regulado. ¿Qué pasaría si alguien quiere utilizar a la biotecnología con el objetivo de dañar? Un ejemplo de ello es el Bioterrorismo, es decir, el uso intencional o la amenaza de utilizar agentes biológicos (muchas veces microscópicos y no necesariamente modificados genéticamente) para causar la muerte o enfermedad en humanos, animales o plantas con el objetivo de intimidar a gobiernos y sociedades (Franco et al., 2005). Uno de los casos que más llamó la atención fue el de la liberación del microorganismo Ántrax, causado por *Bacillus anthracis*. En octubre del 2001, el Centros para el Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos (CDC) reportó 18 casos confirmados de ántrax asociados

a la liberación intencional de sus esporas, de esos casos, cinco pacientes murieron (Franco et al., 2005). Otro caso ocurrió durante la Segunda Guerra Mundial cuando prisioneros chinos fueron infectados con *B. anthracis*, *N. meningitidis*, *Shigella*, *Vibrio cholerae* y *Yersinia pestis* por parte de los japoneses. O los casos con los prisioneros en los campos de concentración nazis que fueron infectados con *Rickettsia prowazekii*, *R. mooseri*, *Hepatitis A* y *Plasmodium* (Zúñiga et al., 2019). En la actualidad, los gobiernos y las instituciones de salud se mantienen en alerta para atacar el problema en cuanto se presente.

Aunque el ser humano siempre ha sido temeroso sobre los nuevos conocimientos, ejemplos como éstos en donde se usa a la Biotecnología para causar daño, sin atender las reglas de la bioética, han generado un mayor temor y rechazo de la sociedad sobre las nuevas técnicas biotecnológicas modernas, como el uso de la técnica de CRISPR-Cas9, herramienta para la edición genética. Imagina usar a la biotecnología y a la bioética para curar enfermedades que ponen en riesgo la vida, como la anemia falciforme, una enfermedad hereditaria en donde se encuentran dañados los glóbulos rojos de la sangre. Las personas que la padecen no tienen buena irrigación de

la sangre, es una enfermedad debilitante y potencialmente mortal. La buena noticia es que la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA) ha anunciado la aprobación de un nuevo medicamento llamado Casgevy, el primer tratamiento que utiliza un tipo de tecnología novedosa de edición del genoma (CRISPR). El medicamento biotecnológico busca eliminar, agregar o reemplazar (editar) a las células dañadas. Las células en donde se ha realizado la modificación son implantadas nuevamente en el paciente y se corrige el error (Jiménez, 2023), una maravilla ¿no crees? Y se podría pensar entonces que los países que no cuentan con esta tecnología están en desventaja, por lo que desde 1998 empezaron a surgir preocupaciones éticas respecto a modificar el genoma: consentimiento informado, desigualdad, accesibilidad y consecuencias inesperadas para futuras generaciones (Díaz et al., 2021), un reto que sigue vigente en la actualidad.

## Conclusión

El mundo se encuentra en constante cambio y tener una mente abierta ante esto permite el balance entre la sociedad y la generación de nuevas tecnologías. Por este motivo la bioética cumple un papel fundamental, para analizar detalladamente cada uno de los aspectos de una nueva tecnología y poner frente a una balanza la cantidad de beneficios por encima de los riesgos.

Es importante mantener el conocimiento actualizado sobre las nuevas investigaciones biotecnológicas, lo que evitará la desinformación y el rechazo a los nuevos descubrimientos. Imaginen la reacción de las personas cuando se descubrió la penicilina o mejor aún la producción de insulina por medio de una bacteria, claramente hubo controversia sobre si era dañino o no, pero la cantidad de personas que mejoraron su calidad de vida siguen siendo contadas. Afortunadamente en la actualidad existe la bioética, las leyes, reglamentos y el libre acceso a la información.

Los científicos del mundo deben involucrarse en temas humanistas, de divulgación y en la toma de decisiones, de manera que se aporte información veraz



Figura. 2 Roger Salquist y los tomates de Flavr Savr con mayor vida de anaquel (1993), primer producto modificado genéticamente aprobado por la FDA (BBC World Service, 2023).

para aquella parte de la sociedad que se dedica a formular las leyes que rigen a las sociedades: porque solo los biotecnólogos saben qué es lo que hacen, cómo funciona y para qué nos puede servir. Está bien tener miedo a lo desconocido, pero no está bien dejar que nos maneje el miedo al cambio. Aplica para todas las áreas del conocimiento.

## Referencias

- Agence France-Presse (AFP). (2022, 24 junio). Las vacunas contra el Covid evitaron casi 20 millones de muertes en 2021. *EL MUNDO*. <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/salud/2022/06/24/62b5783721efa094238b45d6.html>.
- ArgenBio. Biotecnología, una historia... *Por Qué Biotecnología (PQ Bio)*. 2021. <https://www.porquebiotecnologia.com.ar/el-cuaderno/12-blog/cuadernos-destacados/11-biotecnologia-una-historia>.
- BBC World Service. (2023). Witness History, Flavr Savr tomato: The world's first genetically-engineered food. <https://www.bbc.co.uk/programmes/w3ct4xkj>
- Cardozo de Martínez, C. A., Sorokin, P. D., & Sotomayor, M. A. (2015). Bioética y derecho a decidir sobre el propio cuerpo, sus extensiones, productos y derivados: el discutible caso de las células HeLa. *Medicina & Laboratorio*, 21(11-12). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8741605>
- Díaz Amado, E., & González Angulo, A. M. (2021). El debate ético y de regulación sobre el uso de CRISPR-Cas9 en la línea germinal humana. *Universitas Medica*, 62(4). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.umed62-4.derc>
- Ferro, M., Molina Rodríguez, L., & Rodríguez G, W. A. (2009). La bioética y sus principios. *Acta Odontológica Venezolana*, 47(2), 481-487. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-63652009000200029&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652009000200029&lng=es&tlng=es).
- Franco-Paredes, C., Rodríguez-Morales, A., & Santos-Preciado, J. I. (2005). Agentes del bioterrorismo: preparándose para lo impensable. *Revista de investigación clínica*, 57(5), 695-705. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-83762005000500007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-83762005000500007&lng=es&tlng=es).
- García Osorno, Z. R., Perón Medina, L. Á., Ramírez Velázquez, I. O., Morales Fernández, J. A., Mosqueda Martínez, E. E... & Wong Chew, R. M. (2021). Vacunas contra la COVID-19. *Acta médica Grupo Angeles*, 19(3), 429-444. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-72032021000300429&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-72032021000300429&lng=es&tlng=es).
- García Pérez, M. A. (2006). Los principios de la bioética y la inserción social de la práctica médica. *Revista de Administración Sanitaria Siglo XXI*, 4(2), 341-356 <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-administracion-sanitaria-siglo-xxi-261-articulo-los-principios-bioetica-insercion-social-13091842>.
- Hernández Fonseca, H. (2010). Biotecnología. *Revista Científica*, 20(3), 225-226. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-22592010000300001&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592010000300001&lng=es&tlng=es).
- Jiménez, M. (2024). Dado de alta el primer paciente que recibió un riñón de cerdo genéticamente modificado. *El País*. <https://elpais.com/ciencia/2024-04-04/dado-de-alta-el-primer-paciente-que-recibio-un-riñon-d-e-cerdo-geneticamente-modificado.html>
- Jiménez, M. (2023). Estados Unidos aprueba el primer tratamiento con edición genética CRISPR. *El País*. <https://elpais.com/ciencia/2023-12-08/estados-unidos-aprueba-el-primer-tratamiento-con-edicion-genetica-crispr.html>
- Lara, Álvaro R. (2011). Producción de proteínas recombinantes en *Escherichia coli*. *Revista mexicana de ingeniería química*, 10(2), 209-223. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-27382011000200006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382011000200006&lng=es&tlng=es).
- Larqué-Saavedra, A. (2016). Biotecnología prehispánica en Mesoamérica. *Revista fitotecnia mexicana*, 39(2), 107-115. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802016000200107&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802016000200107&lng=es&tlng=es).
- López Vélez, L. E., & Zuleta Salas, G. L. (2020). El principio de beneficencia como articulador entre la teología moral, la bioética y las prácticas biomédicas. *Franciscanum. Revista de las Ciencias del Espíritu*, 62(174), 7. <https://doi.org/10.21500/01201468.4884>
- Mainetti, J. A. (2024). Bioética. Enciclopedia de Bioderecho y Bioética. <https://enciclopedia-bioderecho.com/voces/37>.
- Neyra, L. C. (2006). Alimentos transgénicos. *Biotempo*, 6, 51-55. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v6i0.883>
- Roa Acosta, R., González-Galli, L., & Valbuena Ussa, É. O. (2019). Implicaciones didácticas del concepto biotecnología. *Educación Y Educadores*, 22(3), 395-421. <https://doi.org/10.5294/edu.2019.22.3.4>
- Triana Fernandez, S., Cobos Mora, F., Gómez Villalva, J., & Pérez Almeida, I. (2024). Perspectivas de los cultivos transgénicos y su aporte en la agricultura. *Journal Of Science And Research: Revista Ciencia E Investigación*, 9(1), 65-79. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10463668>
- Wills Sanin, B., & Gómez Arteaga, A. (2021). Historia del tratamiento de las neoplasias hematolinfoides desde la quimioterapia al trasplante y terapia celular. *Medicina*, 43(1), 160-175. <https://doi.org/10.56050/01205498.1592>
- Zúñiga Carrasco, I. R., & Caro Lozano, J. (2019). Bioterrorismo: una perspectiva integral para el personal de salud. *Revista Enfermedades Infecciosas En Pediatría*. <https://www.researchgate.net/publication/331354414>

• Enviado: julio 26, 2022 • Aceptado: mayo 02, 2024



## Desafíos del Trabajo de Laboratorio Escolar Durante la Pandemia por COVID-19

### Challenges of School Laboratory Work During the COVID-19 Pandemic

Liliana Gómez Pizano<sup>1</sup>, Irma Ramírez Castro<sup>2</sup> y Jaqueline Pisano Báez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Enfermería, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). <sup>2</sup>Escuela Preparatoria "José María Morelos y Pavón", UMSNH. Morelia, Mich., México. Contacto [jaqueline.pisano@umich.mx](mailto:jaqueline.pisano@umich.mx)

**Resumen.** El laboratorio escolar como recurso educativo promueve el aprendizaje de las ciencias, donde se analizan y reafirman conocimientos, que contribuyen en la formación integral al conjuntar saberes teóricos, heurísticos y axiológicos. La pandemia ocasionada por el coronavirus SARS-CoV-2, causante de la enfermedad COVID-19, inició a finales del año 2019, creando mucha incertidumbre y retos importantes. En los laboratorios escolares de bachillerato y licenciatura, se presentaron importantes desafíos debido a las características propias de estos y de los materiales y sustancias químicas que emplean. Por lo que fue importante encontrar estrategias que permitieran trabajar a distancia y en la virtualidad durante el periodo de confinamiento.

**Palabras clave:** COVID-19, laboratorio escolar, desafío

**Abstract.** The school laboratory as an educational resource promotes science learning, where knowledge is analyzed and reaffirmed, which contributes to comprehensive training by combining theoretical, heuristic and axiological knowledge. The pandemic caused by the SARS-CoV-2 coronavirus, which causes the COVID-19 disease, began at the end of 2019, creating a lot of uncertainty and important challenges. In high school and undergraduate school laboratories, important challenges arose due to their own characteristics and the materials and chemicals they use. Therefore, it was important to find strategies that allowed working remotely and virtually during the confinement period.

**Keywords:** COVID-19, school laboratory, challenge

A inicios del 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró “emergencia de salud pública internacional” a causa de la aparición de la enfermedad COVID-19, (OPS/OMS, 2020). En México, en marzo en el Diario Oficial de la Federación se dieron a conocer las acciones que se tomarían en materia de salud para combatir la enfermedad, paralelamente, los centros educativos desde preescolar hasta Instituciones de Educación Superior (IES) emitían comunicados sobre la suspensión de actividades administrativas y docentes.

Esta pandemia, afectó entre muchas cosas la educación, el empleo y la salud emocional en parte importante de la población y de forma manifiesta a las IES (OMS, 2021). La Organización de las Naciones Unidas (UNESCO, 2020), indica que cerca del 70% de la población estudiantil del mundo se vio afectada, y calcula que en México se vieron afectados aproximadamente 37,589.960 estudiantes.

### Los desafíos.

Este artículo se centra en la Facultad de Enfermería de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en el Laboratorio de Ciencias Básicas (Fig. 1), donde se presentaron los siguientes desafíos:

*Para docentes.* Hubo la posibilidad de trabajar en línea, con Telenfermería, que emplea la Plataforma de gestión del aprendizaje Moodle, solamente funciona para trabajo asincrónico. Además, no todo el personal docente de ese momento conocía de su existencia, y cómo emplearla. Así que, inicialmente

cada docente debió encontrar la forma de adecuar los programas educativos y continuar con las actividades correspondientes a ese semestre, a la par se empezaron a organizar y plantear acciones a través de las academias y con los directivos.

*Para estudiantes.* Una parte de la población estudiantil debió regresar a su lugar de origen donde, se unieron al trabajo familiar o trabajaron para apoyar a su familia o pasar a ser el sostén familiar ante el fallecimiento del progenitor o del proveedor familiar; aquella población estudiantil que no regresó a su lugar de origen, debió trabajar para su propia manutención o de su familia. Sumado a esto, hubo estudiantes que no tenían dispositivo para acceder a las clases o realizar sus actividades o no siempre tenían recurso económico para tener saldo. Igualmente, aquellos que debían acudir a un ciber, pero si la clase era temprano, no podían acceder ya que estos lugares abrían más tarde.

*Para los laboratorios escolares.* Dadas las características propias de cada asignatura, no era tarea fácil realizar actividades fuera de los espacios destinados para ello. En este Laboratorio de Ciencia Básicas se realizan actividades prácticas en el semestre non (agosto-enero) de Ecología y Salud y Microbiología y Parasitología de primer semestre y en el semestre par (febrero a julio) Bioquímica I de segundo semestre.

### Actividades experimentales en los procesos educativos.

Dentro de los procesos educativos de

enseñanza y aprendizaje para asignaturas de ciencias, tanto en Educación Media Superior (EMS) como en Educación Superior (ES), las actividades experimentales son fundamentales, ya que complementan los saberes teóricos, apropiando al estudiantado de saberes heurísticos y axiológicos que fortalecen determinadas áreas del conocimiento, y su formación integral. De acuerdo a Gil et al. (1999), (como se citó en López y Tamayo, 2012), el laboratorio escolar se asocia intuitivamente con el trabajo científico; que involucra formas activas y cognitivas donde el trabajo colaborativo permite aplicar saberes mediante la discusión, reflexión y resolución de problemas.

Al ser enviados a confinamiento, fue importante repensar las actividades y encontrar estrategias y alternativas que permitieran al estudiantado efectuar actividades en sus hogares con precauciones y seguridad sin correr riesgo alguno.

Las actividades prácticas llevan consigo una serie de métodos y técnicas, por lo que es importante que tanto el personal docente de laboratorio como el de aula, cuenten con el suficiente conocimiento de las asignaturas con las cuales se interactúa para poder guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para el LCB esto es *fortaleza y oportunidad*, ya que los Manuales de Prácticas, contienen métodos y técnicas para la interrelación de saberes. Acorde con lo que Pimienta (2005) menciona sobre el laboratorio, acerca de ser un medio para el estímulo y desarrollo del pensamiento crítico, reflexivo y científico creador; donde las actividades propicien la construcción de nuevos saberes para un aprendizaje permanente.

*¿El gran desafío?* Organizar e impartir actividades prácticas a distancia, por lo que replantear los procesos como la metodología, organización y diseño de materiales fue elemental. Hubo que identificar las Tecnologías de la Información y Comunicación apropiadas y las actividades a realizar, que permitieran analizar, asimilar e integrar la teoría con la práctica.

Díaz-Barriga, (2013) menciona que las expectativas y desarrollo educativo con las TIC's, no vienen anclados con un enfoque sobre el aprendizaje, por lo que

las actividades prácticas debían diseñarse para que permitieran al estudiantado el aprendizaje, en base a la interpretación, comprensión y construcción de sus propios conceptos (Calderón et al. 2016).

### Lo realizado

Se planteó la forma como se podrían adecuar las prácticas, para lo cual cada TA en base al Manual de Prácticas existente, debió adecuar prácticas para sustituir reactivos y sustancias de laboratorio por sustancias del hogar, realizar las actividades para probar su efectividad e inocuidad y proponer la forma como se evaluarían dichas actividades. En reunión virtual fueron presentadas las actividades propuestas, una vez aprobadas se emplearon para adecuar el Manual de Prácticas virtuales. El manual fue enviado para revisión y aval del H. Consejo Técnico.

Ese mismo semestre, las autoridades universitarias proporcionaron herramientas digitales tanto a docentes como a estudiantes como las de Google, Office 365 y la plataforma SUVIN. La forma como se realizó el trabajo del LCB, fue con correo electrónico y WhatsApp únicamente con jefes de grupo quienes fueron portavoz con el estudiantado. En reunión virtual, a cada grupo se le dieron indicaciones sobre lo que deberían realizar, se hizo llegar el Manual de Prácticas y se hizo propuso realizar las actividades en equipo para que se distribuyeran las prácticas y se reunieran virtualmente, para retroalimentar las actividades, hacer las conclusiones y su reporte que enviarían al TA correspondiente para su evaluación; la

propuesta fue bien aceptada por el estudiantado.

Finalizadas las actividades, realizada la evaluación y calificados los reportes, cada grupo tuvo reunión virtual con el TA responsable quien dio a conocer las calificaciones y escuchó el sentir de los estudiantes ante este trabajo, la mayor manifestación fue con relación al trabajo en equipo de forma virtual, comentaron que no fácil, mayormente para quienes trabajaban, tenían que atender hijos o tenían dificultades con el internet y el uso de las TIC's.

### Mayores desafíos

A continuación, se detalla la forma como se trabajó con cada unidad de aprendizaje en este semestre 2020 – 2021:

**Ecología y Salud:** desde 2016 se realizaba un Foro de Ecología, con actividades grupales (ponencia, cartel, maqueta, dramatización o taller de reciclaje) que fomentan el trabajo colaborativo, las interrelaciones y unión grupal, inculcan interés por procesos investigativos, el análisis de situaciones reales y consecuencias a la salud ante el desequilibrio de la triada ecológica. Se optó por realizar el V Foro de Ecología en modalidad virtual, igualmente en el ciclo 2021-2022 se realizó satisfactoriamente el VI Foro de Ecología.

**Microbiología y Parasitología:** en el semestre 2020-2021 se fijó un día a la semana con cada sección para realizar reunión virtual mediante Meet de Google, para revisar, analizar y realizar

una práctica de forma individual, así como la evaluación de la misma mediante 5 preguntas en formulario de Google (Fig. 2). En las prácticas que no se realizó actividad por los riesgos a la salud, el TA expuso el tema y se realizó análisis del mismo o previamente se dejó ver una película, para ser analizada y comentada de forma grupal. El reporte de prácticas fue individual y entregado a través de Classroom de Google. Para el semestre 2021-2022, se asignaron 2 días seguidos para reunión virtual para realizar las prácticas. El primer día el TA, realizó la práctica en pantalla paso a paso para que el estudiantado pudiera replicarlo al mismo tiempo en sus hogares; el segundo día fue para realizar y analizar observaciones.

**Bioquímica II:** el reto mayor, las prácticas elementales son aprender a sacar sangre y la realización de pruebas bioquímicas. Para el semestre 2020-2021, fue una sesión virtual por semana, se incluyeron videos de toma de muestra sanguínea, para las pruebas bioquímicas el TA, explicó el fundamento, propiciaba la retroalimentación grupal y una evaluación individual mediante formulario de Google con 4 preguntas y 1 caso clínico. En el semestre 2021 – 2022, para la toma de sangre, hicieron un dispositivo en el cual replicaron la explicación. Para la comprensión de pruebas bioquímicas, se incluyó el uso del simulador del laboratorio virtual Biomodel (Fig. 3), que semeja los pasos que se realizan en la determinación de las pruebas bioquímicas.

### Conclusiones

La Pandemia dejó ver las deficiencias del sistema educativo en México, la necesidad de entornos adecuados centrados en el aprendizaje. (OCDE, 2020). Aunque la conectividad móvil ha avanzado, aún persisten brechas considerables. En un estudio realizado en 2016 a 14 países de América Latina, aproximadamente un 42% de personas que viven en áreas urbanas tenían acceso a Internet en el hogar, en tanto solamente un 14% de aquellas que viven en áreas rurales contaban con el servicio. (CEPAL – UNESCO, 2020).

Adecuar las actividades prácticas del LCB de la Facultad de Enfermería a la virtualidad permitió al estudiante familiarizarse con materiales, cuidados y



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

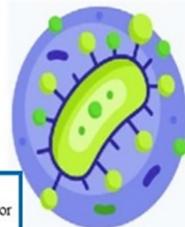
FACULTAD DE ENFERMERÍA



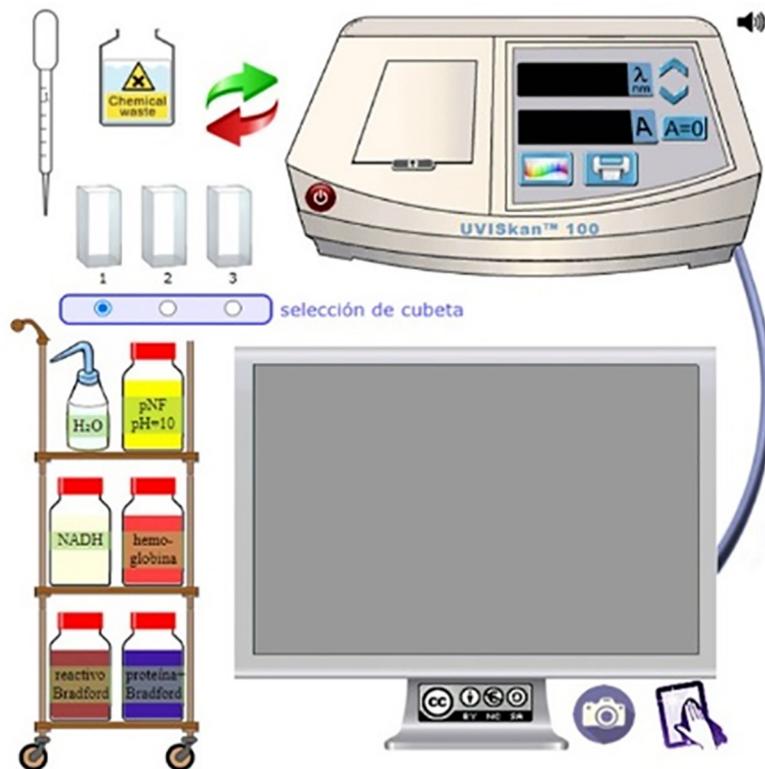
Laboratorio de Ciencias Básicas

**Microbiología y Parasitología**

Semestre 2020 - 2021



La salud es un estado que debemos cultivar y mantener.  
El proceso salud- enfermedad es un proceso dinámico, influenciado por la actitud y conceptualización del Individuo hacia el mismo.  
La atención a la salud, por el profesional de enfermería se lleva en etapas, desde la prevención hasta la reparación y rehabilitación del sujeto.



precauciones que debe tener en cuenta para el trabajo de laboratorio.

El empleo de recursos digitales, favorece las actividades autónomas que es un propósito dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje. (Argel, Carasi, Manassero y Quiroga, 2020).

Las estrategias como las sesiones virtuales donde docente y estudiante

hacen la práctica a la vez, el empleo de un simulador y el empleo de herramientas digitales, permitieron mejor apropiación del conocimiento para el estudiantado. Respondiendo a los cuatro pilares de la educación y favoreciendo el trabajo colaborativo con respeto, ética y valores y permiten a los estudiantes ser individuos únicos e irrepetibles (Delors 1994).

## Referencias

- Argel Natalia, Carasi Paula, Manassero Carlos, Quiroga Alejandra. (2020) *El trabajo experimental en tiempos de pandemia, desafíos y alternativas virtuales*. Argentina 3as Jornadas sobre las prácticas docentes en la Universidad Pública. Edición en línea.
- Calderón et Al. (2016) Laboratorios de ciencias en el bachillerato: tecnologías digitales y adaptación docente. *Apertura, Revista de Innovación Educativa*, Vol. 8, Núm. 1.
- CEPAL-UNESCO. (S.F.2020). *La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19*.
- Informe Covid-19 Obtenido de: <https://www.weforum.org/agenda/2020/03/3-ways-coronavirus-is-reshaping-education-and-what-changes-might-be-here-to-stay/>
- Delors, Jacques (1994). Los cuatro pilares de la educación, en la Educación encierra un tesoro. *México: El Correo de la UNESCO*, pp. 91-103.
- Díaz-Barriga, Á. (2013). TIC en el trabajo del aula. Impacto en la planeación didáctica. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, vol. 4, núm. 10, pp. 3-21.
- Pimienta Prieto, Julio H. (2005). *Metodología Constructivista*. Pearson Educación. México.
- OPS/OMS, 2020. La OMS caracteriza a COVID-19 como una pandemia, [https://www.paho.org/es/noticias/11-3-2020-oms-caracteriza-covid-19-como-pandemia#:~:text=La epidemia de COVID 19,un gran número de personas.UNESCO IESALC. \(2020\). Covid-19 y educación superior: de los efectos inmediatos al día después. Análisis de impactos, respuesta y recomendaciones. París, Francia: UNESCO. http://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2020/04/COVID-19-060420-ES-2.pdf](https://www.paho.org/es/noticias/11-3-2020-oms-caracteriza-covid-19-como-pandemia#:~:text=La epidemia de COVID 19,un gran número de personas.UNESCO IESALC. (2020). Covid-19 y educación superior: de los efectos inmediatos al día después. Análisis de impactos, respuesta y recomendaciones. París, Francia: UNESCO. http://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2020/04/COVID-19-060420-ES-2.pdf)
- World Economic Forum (WEF) (2020). *3 ways the coronavirus pandemic could reshape education*. Obtenido de: <https://www.weforum.org/agenda/2020/03/3-ways-coronavirus-is-reshaping-education-and-what-changes-might-be-here-to-stay/>

• Enviado: marzo 01, 2024 • Aceptado: mayo 23, 2024

## Balance del uso de las redes sociales en la salud de los estudiantes universitarios en México

### *Balance of the use of social networks on the health of university students in Mexico*

Ma. Salud Ferreira Rodríguez, Ericka González Cancino y Luis Miguel Vázquez-Rangel

Facultad de Salud Pública y Enfermería, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., México.  
Contacto: [luis.miguel.vazquez@umich.mx](mailto:luis.miguel.vazquez@umich.mx)

**Resumen.** La evolución de las tecnologías de la información y comunicación y su uso ha cambiado la forma como las personas interactuamos y como nos desenvolvemos en diversos aspectos de nuestras vidas, tales como los negocios, la publicidad, educación, así como también en áreas de nuestra salud física y mental. Lamentablemente como en muchos otros casos, estas nuevas herramientas que inicialmente suenan beneficiosas y que generan cambios positivos, se comienzan a distorsionar por el uso excesivo o por el uso inadecuado de los estudiantes universitarios y por consiguiente conllevan a afectaciones que van desde lo mental como el estrés, ansiedad, acoso a lo físico con los trastorno de la imagen, bulimia, anorexia, accidentes y en los extremos más indeseables hasta la pérdida de la vida de algunos usuarios dado que hay sitios que facilitan y favorecen la ideación suicida dentro de sus contenidos. Por tal motivo es evidente que los países, las empresas e inclusive usuarios generen políticas adecuadas para el uso, supervisión e inclusive una programación de los tiempos que se destinarán para interacción con estas plataformas y las cuales propicien un uso más saludable de las mismas.

**Palabras clave:** Redes sociales, salud mental, ansiedad.

**Abstract.** The evolution of information and communication technologies and their use has changed the way people interact and how we operate in various aspects of our lives, such as business, advertising, education, as well as in areas of our health, physical and mental. Unfortunately, as in many other cases, these new tools that initially sound beneficial and generate positive changes, begin to be distorted by excessive use or inappropriate use by university students and consequently lead to effects that range from mental to stress, anxiety, physical harassment with image disorders, bulimia, anorexia, accidents and in the most undesirable extremes even the loss of life of some users given that there are sites that facilitate and encourage suicidal ideation within their contents.

**Keywords:** Social networks, mental health, anxiety

Con la evolución de los servicios en Internet como son los sitios Web de 1.0 a Web 2.0, llegó el nacimiento de nuevas aplicaciones que fomentan la actitud colaborativa, así como también la forma de participación más activa por parte de los usuarios de estos servicios donde las personas proporcionan datos, los cuales a su vez permiten la creación de nuevos servicios y aplicaciones en línea; dicho lo anterior, la Web 2.0 multiplica las posibilidades de aprender al facilitar el acceso a todas las personas a través de múltiples dispositivos, permitiendo la participación activa de los usuarios, los cuales pueden compartir contenidos, experiencias y/o conocimientos (Flores Cueto, Morán Corzo, & Rodríguez Vila, 2009).

Tomando en cuenta que, en la última década se ha incrementado la conectividad y el acceso a nuevas tecnologías como los teléfonos inteligentes, lo cual ha facilitado que las redes sociales se conviertan en un método destacado para la interacción social y el acceso a la información en estudiantes alrededor de todo el mundo, también con la aparición de diversos tipos de sitios de redes sociales ha incrementado la frecuencia de uso entre

los adultos jóvenes a dichos sitios (Martínez-Líbano et al., 2022).

Además, con la aparición de la pandemia por Coronavirus (COVID-19) y otros fenómenos, se ha favorecido el incremento exponencial del uso de los entornos virtuales tales como las redes sociales, permitiendo fortalecer procesos de aprendizaje, interacción y socialización virtual (Huamani Calloapaza, 2022).

Actualmente las redes sociales están influyendo permanentemente la vida y las actividades académicas de los estudiantes universitarios (Martínez-Líbano et al., 2022), en algunas ocasiones de formas positivas y en algunas otras de formas negativas, a tal grado que algunos investigadores y académicos se cuestionan sobre el uso de las mismas dentro de las aulas y fuera de ellas, dado que se han podido identificar situaciones que pueden poner en riesgo la salud física y mental de los estudiantes. Una de las causas que generan riesgos es el uso recurrente y descontrolado de las redes lo cual va generando deterioro en el ámbito biológico psicológico y social (Huamani Calloapaza, 2022).

Cuando se comienza hacer un análisis sobre los puntos negativos del

uso del Internet y por consiguiente de las redes sociales, no podemos dejar de mencionar que podemos generar una adicción, Young (1996) definía y acotaba el concepto de adicción a Internet como un deterioro centrado en el control de su uso, que tiene manifestaciones sintomáticas a nivel cognitivo, conductual y fisiológico. Se llega a hacer un uso excesivo de Internet que acarrea como consecuencias la distorsión de los objetivos personales, familiares y profesionales.

Según Echeburúa y Corral (2010), quienes son mencionados por García Castillo (2013), refieren que al igual que en las adicciones a sustancias químicas, los primeros síntomas de adicción tecnológica se pueden observar cuando la persona comienza a desarrollar comportamientos diferentes en su vida cotidiana. En el caso de las tecnológicas los síntomas de dependencia se circunscriben al aislamiento, bien estando solo o en compañía, bajo rendimiento en los estudios o el trabajo y atención centrada en el uso de las tecnologías. Aparece la pérdida de control, la búsqueda desesperada por obtener refuerzos rápidos y sentimientos de malestar si no usa las tecnologías suficientemente.

El síndrome denominado FOMO por sus siglas en inglés (Fear Of Missing Out) o síndrome de miedo a perder contacto, es un tipo ansiedad donde uno siente que se está perdiendo de algo absolutamente fantástico, aquella sensación de que otros están teniendo una experiencia maravillosa y gratificante de la que no formamos parte (Martínez-Líbano et al., 2022)

Esto nos da una idea de que el uso sin regulación y supervisión puede generar un aumento de ansiedad y esto puede deberse a un fenómeno que ha crecido bastante en la redes sociales como son las fake news (noticias falsas), las cuales son definidas como informaciones fabricadas que imitan la forma de los medios de comunicación, pero no su proceso o intención organizacional, estas noticias falsas impactan la salud mental de los usuarios de las redes sociales, ya que se diseñan para provocar una fuerte respuesta emocional del lector, lo que aumenta la posibilidad de compartir información, causando sentimientos como ira, miedo, ansiedad y tristeza.



Figura 1. Naturaleza puesta de sol playa pareja, Odintsov, R. (S.F.), Pexels (<https://www.pexels.com/es-es/foto/naturaleza-puesta-de-sol-playa-pareja-4555321/>)



Figura 2. Mujer mostrando estrés durante una “conversación” por redes sociales, Laplante, S. (2022), *The Conversation* (<https://theconversation.com/how-social-media-can-crush-your-self-esteem-174009>)

Reconocer noticias como falsas también puede provocar sentimientos de ira y frustración, especialmente cuando el usuario comienza a sentirse impotente ante los intentos de manipulación de la opinión (Rodrigues Abjaude, Borges Pereira, Barboza Zanetti, & Leira Pereira, 2020).

Otro gran problema que se ve potencializado con el abuso de las redes sociales, son los trastornos alimenticios, los cuales son un grave problema de salud pública que mayormente afecta a mujeres en las sociedades occidentales. Estos trastornos son enfermedades que se desarrollan principalmente en la adolescencia o en mujeres jóvenes de edades entre los 12 y 25 años, siendo entre el 90 y 95% de prevalencia los casos en mujeres. Esto se debe a que las redes se convierten en vehículos eficaces para transmitir y adoptar determinados estereotipos, ya sea a través de material escrito, imágenes, audio y aún videos cuyo contenido apoya actitudes y comportamientos encaminados a lograr un peso corporal excesivamente bajo. No sólo promueven prácticas alimenticias nada sanas, sino que también alientan conductas autodestructivas y aún suicidas, las redes sociales donde más se difunden este tipo de materiales son Facebook, Twitter, Instagram, Tiktok, Tuenti y Delicious, entre otras (Lozano Sánchez, 2012).

Lamentablemente las herramientas que el hombre construye para mejorar, facilitar y potenciar su vida, también pueden ser usadas de formas sumamente negativas fomentando el ciberacoso o el ciberbullying, los cuales

son comportamientos que generan problemas graves en salud mental por parte de los usuarios hacia otros usuarios, ya se o no que los conozcan de forma física o solamente virtual. Pero si de actitudes destructivas hablamos, existe el ciber-suicidio, este término hace referencia a la acción de quitarse la vida, motivado por la influencia entre otras variables, de páginas web o sitios de redes sociales con contenido de ayuda, influencia o motivación para cometer suicidio (web pro-suicida), salas de chats y foros de Internet, pone de manifiesto la relación entre conducta suicida, Internet y redes como canal de información y encuentro en usuarios con ideación suicida (López Martínez, 2020).

Todos estos factores mencionados anteriormente pueden ser sumamente alarmante si tomamos en cuenta lo que menciona Barrón-Colin & Mejía-Alvára (2021), y es que en México el número de descargas de aplicaciones de redes sociales como WhatsApp asciende a 92 millones, de Facebook 86, Instagram 22 y Twitter 7.22, estos datos muestran un panorama de la inmersión que tenemos a estas redes y el grave problema de salud pública que podemos estar teniendo en estos momentos.

Un problema que pudo identificar Barrón-Colin & Mejía-Alvára (2021) en su estudio es que los usuarios perciben de formas diferentes cada una de las redes sociales, por ejemplo, Facebook, Instagram y Tiktok son consideradas como las redes sociales más dañinas para la salud mental del entorno digital, mientras que YouTube y Twitter como las menos influenciadas en el ambiente.

Donde el tiempo se podría dividir en conexión en redes sociales y plataformas audiovisuales, aumentado el tiempo de uso por las multiplataformas existentes tales como Facebook, WhatsApp, Instagram, Netflix, YouTube, entre otros; ofreciendo una variedad de consumo, entretenimiento y comunicación, y todo a través de múltiples dispositivos tales como smartphones, laptop, computadora o tabletas, todo a lo largo del día.

Una forma de poder contrarrestar muchos de los aspectos negativos que tienen las redes sociales es fomentando buenos hábitos en el uso de dichas tecnologías, con esto se puede crear una mejor sociedad virtual, educada, respetuosa y sana tanto en lo emocional, espiritual y en lo físico; todo esto puede hacerse por medio de la supervisión de los padres, el manejo de los valores como la ética y el respeto a la diversidad de opiniones, así como también exigiendo a las empresas y gobiernos de mejores políticas de uso, seguimiento, restricciones y filtrado de publicación dentro de estos sitios.

Es importante crear conciencia entre los usuarios, ya que debemos de ser responsables y asumir las consecuencias de los actos, comentarios y contenidos que se llegan a compartir en las redes sociales; así como informarnos de nuestros derechos y obligaciones que adquirimos al hacer uso de ellas, esto se ha demostrado en múltiples ocasiones tanto para las empresas y para los usuarios ya que tenemos la responsabilidad del uso, un ejemplo de ello se dio el 31 de enero de 2024 cuando Mark Zuckerberg presidente de Meta dueña de Facebook tuvo que pedir perdón ante senado de los Estados Unidos de América por el impacto que tienen las redes sociales en los niños (Forbes, 2024).

Pero como toda herramienta, las redes sociales tienen sus aspectos positivos que algunos autores consideran sobre pasan los negativos, uno de ellos es el principal motivo por el cual se generó y tiene que ver con la posibilidad de crear interconexión entre los usuarios de diferentes tipos, como son las sociales, profesionales, capacitantes y obviamente las de ocio, que durante la pandemia de COVID-19 fueron sumamente útiles, debido a las restricciones de convivencia social que se dieron en la gran mayoría de los

países y que en algunos de ellos fueron muy restrictivas.

Muchos especialistas en el área de la salud, están tratando de combatir algunos de los factores negativos con estrategias de uso de las redes sociales para ayudar. Esto ha dado como resultado la aparición de nuevos términos como la telesalud, este término engloba todo lo que se refiere a cuidados del ser humano física y mentalmente, la telepsicología es una de sus ramas y se define como el uso de la tecnología de las telecomunicaciones para poner en contacto a los pacientes con los profesionales de salud mental, con el propósito de posibilitar un diagnóstico efectivo, educación, tratamiento, consultas, transmisión y almacenamiento de datos médicos del paciente, investigación y otras.

La telepsicología usa actividades o terapias que se realizan mediante la utilización herramientas tecnológicas, también la e-salud se refiere al uso del internet, juegos digitales, realidad virtual, robótica y ahora hasta la inteligencia artificial para poder dar un seguimiento e inclusive un prediagnóstico en algunos casos, además debemos de mencionar que esto se debe hacer con un respaldo legal, es por ello que en algunos países de Latinoamérica como lo son México, Argentina y Colombia ya se cuenta con leyes o enmiendas en sus estatutos donde se considera la intervención de los psicólogos a través de las redes sociales (de los Ángeles Vera García, Castro Sacoto, & Caicedo Guale, 2019), dando como resultado que se puedan realizar las intervenciones en salud física y mental a través de redes sociales, especificando un código de ética.

En la actualidad algunas redes sociales son utilizadas en contención emocional, acompañamiento psicológico, terapias, entre otras, por las facilidades que prestan: optimización del tiempo, reducción de distancias y recursos extra con los que se pueden contar como son los chats, videoconferencias en tiempo real o diferidas, blogs, canales de video, además de terapias vía online.

## Conclusiones

A modo de conclusión es innegable que día a día los tiempos van cambiando y las tecnologías siguen ese mismo curso, también es inevitable que



Figura 3. Terapeuta en terapia psicológicas en línea, alumniGuybrush20, (agosto, 2023), Blog de Guybrush (<https://diarium.usal.es/alumniguybrush20/las-terapias-psicologicas-se-adaptan-a-las-tecnologias-una-perspectiva-informativa/>)

la forma como la sociedad se relaciona e interactúa sea dinámica, ya que las nuevas tecnologías nos llevan de la mano a que las usemos y esto se debe a que al día de hoy se ha construido una nueva realidad, donde el uso de las tecnologías de la información y comunicación está al centro de la misma.

Por tal motivo se debe fomentar buenos hábitos de uso de dichas tecnologías para evitar repercusiones tanto en lo emocional, espiritual y en lo físico; también es importante el acompañamiento de los padres, para el fortalecimiento de los valores como la ética y el respeto a la diversidad de opiniones, además se debe exigir a las empresas y gobiernos la mejora de las políticas de uso, seguimiento, restricciones y filtrado de publicación dentro de estos sitios.

Además, no debemos de olvidar que como usuarios debemos de ser responsables y asumir las consecuencias de los actos, comentarios y contenidos que se llegan a compartir en las redes sociales, así como informarnos de nuestros derecho y obligaciones que adquirimos al hacer uso de ellas.

## Referencias

Barrón-Colin, M., & Mejía-Alvares, C. A. (Febrero de 2021). Redes sociales y salud mental: vivencias digitales de alumnos de la FESI UNAM. *Cuidarte*, 10(19). doi:<http://dx.doi.org/10.22201/fesi.23958979e.2021.10.19.78044>

de los Ángeles Vera García, B. M., Castro Sacoto, J. A., & Caicedo Guale, L. C. (2019). La intervención del psicólogo a través de las redes

sociales: una perspectiva desde la ética. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 10(2), 133-146. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7244453.pdf>

Flores Cueto, J. J., Morán Corzo, J. J., & Rodríguez Vila, J. J. (Octubre de 2009). Las redes sociales. *Universidad de San Martín de Porres*(1), 1-15. [https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w23969w/Redes\\_sociales.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w23969w/Redes_sociales.pdf)

Forbes. (31 de Enero de 2024). *Mark Zuckerberg se disculpa con los padres por el impacto de las redes sociales en sus hijos*. Obtenido de Forbes: <https://www.forbes.com.mx/mark-zuckerberg-se-disculpa-con-los-padres-por-el-impacto-de-las-redes-sociales-en-sus-hijos/>

García del Castillo, J. A. (2013). Adicciones tecnológicas: el auge de las redes sociales. *Salud y Drogas*, 13(1), 5-13. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83928046001>

Huamani Calloapaza, K. E. (Agosto de 2022). Redes sociales virtuales y la salud mental en tiempos de COVID-19: una revisión de literatura. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 3(2), 773-783. doi:<https://doi.org/10.56712/latam.v3i2.146>

López Martínez, L. F. (2020). Suicidio, adolescencia, redes sociales e internet. *Norte de salud mental*, XVII(63), 25-36. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7553715.pdf>

Lozano Sánchez, Z. B. (2012). La familia y las redes sociales en los trastornos alimenticios en adolescentes de la época contemporánea. *In Crescendo*, 3(2), 299-311. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5127559.pdf>

Martínez-Líbano, J., González Campusano, N., & Pereira Castillo, J. I. (2022). Las Redes Sociales y su Influencia en la Salud Mental de los Estudiantes Universitarios: Una Revisión Sistemática. *REIDOCREA*, 11(4), 44-57. <https://www.ugr.es/~reidocrea/11-4.pdf>

Rodrigues Abjaude, S. A., Borges Pereira, L., Barboza Zanetti, M. O., & Leira Pereira, L. R. (2020). ¿Cómo influyen las redes sociales en la salud mental? *Revista Eletrônica Saúde Mental Álcool Drog*, 16(1), 1-3. doi:<https://dx.doi.org/10.11606/issn.1806-6976.smad.2020.0089>

Young, K. S. (1996). Psychology of computer use: XL. Addictive use of the Internet: A case that breaks the stereotype. *Psychological Reports*, 79(3), 899-902.

doi:<https://doi.org/10.2466/pr0.1996.79.3.899>

# Antiguo lago de Texcoco: Más allá de un aeropuerto cancelado

## Ancient Texcoco Lake: Beyond a canceled airport

### Introducción

En los años recientes se escuchó hablar de la cancelación del nuevo aeropuerto internacional de la Ciudad de México (NAICM) que se ubicaría en el antiguo lago de Texcoco (Fig. 1a). ¿Pero qué conocemos de este sitio? El antiguo lago de Texcoco, que rodeaba originalmente la ciudad de Tenochtitlan en el siglo XV, contaba con un área aproximada de 7,868 km<sup>2</sup>. Tras su llegada, los españoles construyeron su capital en el centro de la civilización Azteca, hoy conocida como la CDMX.

Tras las constantes inundaciones por el crecimiento del lago, los españoles construyeron un sistema de drenaje para desfogar las zonas inundadas (Alcocer y Williams, 1996), causando la disminución del tamaño de éste. Posteriormente, y con la urbanización de las zonas del centro del país, los habitantes seguían sufriendo constantes problemas de inundaciones. Por ello, los gobernantes de la época ejecutaron la construcción de obras para prevenirlo; El gran canal, el túnel de Tequixquiac y el “sistema de drenaje profundo” fueron los tres proyectos más importantes con el objetivo de desecar el lago y evitar inundaciones (Espinosa-Castillo, 2008). Éstos ocasionaron la disminución de la zona lacustre, permitiendo así ocupar la zona para uso agrícola, habitacional e industrial. En la actualidad, el lago Nabor-Carrillo, con una extensión de 917 ha (Fig. 1b), es un remanente importante del exlago de Texcoco. Éste alberga diversas especies vegetales, aves locales y migratorias, y con ello se remarca su importancia ecológica (Murillo-Fernández, 2021).

### Problemas ocasionados por el desecamiento del exlago de Texcoco

Con el drenado, el suelo lacustre fue expuesto a la erosión ocasionando la evaporación de remanentes de agua, y posterior formación de costras de sal (Figs. 1c-d). Estas zonas fueron difíciles de aprovechar con fines agrícolas dada la elevada salinidad (conductividad eléctrica

año 13, No. 23 enero-junio del 2024

Mario Hernández-Guzmán<sup>1</sup>, Isidro Pérez-Hernández<sup>2</sup>  
y Valentín Pérez-Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). Ensenada, Baja California. <sup>2</sup>Universidad Politécnica del Golfo de México. Paraíso, Tabasco, México.  
Contacto: vperezhdez@hotmail.com

**Resumen.** El antiguo lago de Texcoco (Noreste del valle de México) sirvió como fuente de alimentación y transporte al imperio de Tenochtitlan en los años 1325 a 1521. Posterior a la conquista, los españoles empezaron a desviar el curso del lago por los problemas de inundación que sucedían en la capital del país. El proceso de desvío continuó hasta los años 1970; año en el que se inició el rescate de las zonas lacustres mediante el “Plan Texcoco”. Algunas zonas del antiguo lago sufrieron cambios negativos en la estructura del suelo debido a los procesos de drenado; la salinización se convirtió en un problema principal. La salinización limita (y define) el crecimiento de la flora y fauna en la zona, así como el microbioma del suelo. Diversas especies vegetales con tolerancia a la salinidad fueron introducidas en esta zona para tratar de restaurar los problemas de salinidad, por ejemplo, *Distichlis spicata*, *Tamarix spp.* y *Suaeda nigra*, entre otras. A pesar de las condiciones extremas de salinidad, diversos microorganismos habitan esta zona y cumplen funciones biogeoquímicas importantes para el medio ambiente, además, poseen potencial biotecnológico para su uso en la remediación de suelos y en la promoción del crecimiento vegetal.

**Palabras clave:** suelo, salinidad, microorganismos

**Abstract:** The former Lake Texcoco (northeast of the valley of Mexico) served as a source of food and transportation for the empire of Tenochtitlan from 1325 to 1521. After the conquest, the Spaniards began to divert the course of the lake due to the flooding problems that occurred in the capital city. The drainage process continued until the 1970s, the year in which the “Texcoco Plan” began to rescue the lake areas. Some areas suffered negative changes in soil structure due to drainage processes; salinization became a major problem. Salinization limits and shape the flora and fauna development in the area, as well as the soil microbiome. Several salt tolerance plant species were introduced to restore soil salinization, for example, *Distichlis spicata*, *Tamarix spp.* and *Suaeda nigra*, among others. Despite the extreme salinity conditions, microorganisms inhabit this zone and carry out important biogeochemical functions for the global environment and have biotechnological potential for use in soil remediation and plant growth promotion.

**Key words:** soil, salinity, microorganisms

(CE) alta > 50 dS m<sup>-1</sup>). La ausencia de desarrollo vegetal y contención, causó tolvaneras que disminuyó la calidad del aire y afectó el desarrollo y salud de la población circundante (CONAGUA, 2015).

Durante los años 70s se implementaron proyectos para resolver la salinidad y erosión del suelo del exlago. El proyecto con parcial éxito que logró reducir la salinidad, pasando de valores de salinidad mayores a 50 a menores a 10 dS m<sup>-1</sup>, fue el “Plan Lago de Texcoco. Éste consistió en irrigar el suelo con agua tratada para así, gradualmente, reducir su salinidad. En el mismo proyecto se introdujeron especies tolerantes a la salinidad para contrarrestar la erosión, entre ellos, *Distichlis spicata*, *Tamarix spp.* y *Suaeda nigra*. Además, se promovió el desarrollo de especies nativas que crecían

de forma natural como las gramíneas o pastos (*Eragrostis obtusiflora*) y hervas (*Eruca sativa* y *Brassica campestris*) (Dendooven et al. 2010).

### Recuperación y aprovechamiento de algunas zonas del exlago de Texcoco

Las zonas del exlago de Texcoco son hoy de uso habitacional, industrial o agrícola, y pertenecen al estado y a la ciudad de México (Fig. 2a). En el año 2012, el gobierno federal inició la construcción del aeropuerto internacional de la Ciudad de México (AICM) en Texcoco, abarcando 100 ha de suelo. Posteriormente en 2018 el gobierno en turno canceló la construcción de éste por exceso de costos y viabilidad de la zona (SCT 2019). Para 2021 esta área fue

Milenaria, Ciencia y Arte 77

destinada a crear un área ecológica para la recuperación del lago de Texcoco (Fig. 2b) (CONAGUA 2022).

### Microorganismos y su función en el exlago de Texcoco

Los suelos del exlago poseen condiciones extremas que dificulta el desarrollo de diferentes especies. Por ejemplo, la salinidad y alcalinidad ( $\text{pH} > 8$ ) son los factores determinantes que dificultan el desarrollo de los microorganismos del suelo.

A pesar de ello, aquellos con características halo-alcalólicas, es decir, los que subsisten en áreas con alta salinidad y  $\text{pH}$ , han podido desarrollarse. Éstos participan en procesos biogeoquímicos y en el reciclaje general de material orgánico. De acuerdo con su nivel de salinidad, los suelos del exlago de Texcoco se han clasificado como: salinidad baja ( $> 2 \text{ dS m}^{-1}$  y  $< 9 \text{ dS m}^{-1}$ ), media ( $> 9 \text{ dS m}^{-1}$  y  $< 50 \text{ dS m}^{-1}$ ) y alta ( $> 50 \text{ dS m}^{-1}$ ) (Valenzuela-Encinas, 2008, 2009).

Los estudios del suelo realizados se han enfocado en la identificación de bacterias y arqueas con el fin de conocer su desarrollo y funciones metabólicas en tales condiciones de salinidad natural (Valenzuela-Encinas et al., 2008; Pérez-Hernández et al., 2021). Así también, se sabe que la CE es uno de los factores principales que afectan la diversidad y abundancia de los microorganismos en este ambiente. La disminución en la diversidad microbiana afecta la funcionalidad (y/o rutas metabólicas) de aquellos grupos relacionadas o que participan activamente en los ciclos biogeoquímicos. Por ejemplo, la capacidad de oxidación del metano disminuye 1.5 veces en suelos con mayor salinidad (CE de  $45 \text{ dS m}^{-1}$ ) que en suelos con menor salinidad (CE de  $10 \text{ dS m}^{-1}$ ) (Pérez-Hernández et al., 2020; Serrano-Silva et al., 2014). También se ha observado efectos sobre la funcionalidad putativa de los microorganismos, i.e., fijación de nitrógeno, la nitrificación y desnitrificación (Fig. 3a, b) (Dendooven et al., 2010). Los ciclos biogeoquímicos que

se llevan a cabo en los suelos del exlago de Texcoco suelen presentarse con menor intensidad comparado con los suelos agrícolas, esto debido principalmente a las condiciones extremas del ambiente. Además de llevar a cabo el reciclaje de nutrientes, un número reducido de grupos cuentan con la maquinaria molecular para degradar o transformar contaminantes orgánicos, p. ej. hidrocarburos (Betancur-Galvis et al., 2006; González-Bourguet et al., 2018), y la de promover el crecimiento vegetal (Pérez-Hernández et al., 2021). Estos grupos son de interés biotecnológico para su posible aplicación en la remoción de contaminantes y como biofertilizantes.

### Conclusión

El área que ocupaba el exlago de Texcoco ha cambiado drásticamente. Actualmente tiene uso agrícola, de vivienda o para uso industrial. Un área reducida de 14 mil ha, queda como remanente para albergar una diversidad importante de flora y fauna que se han

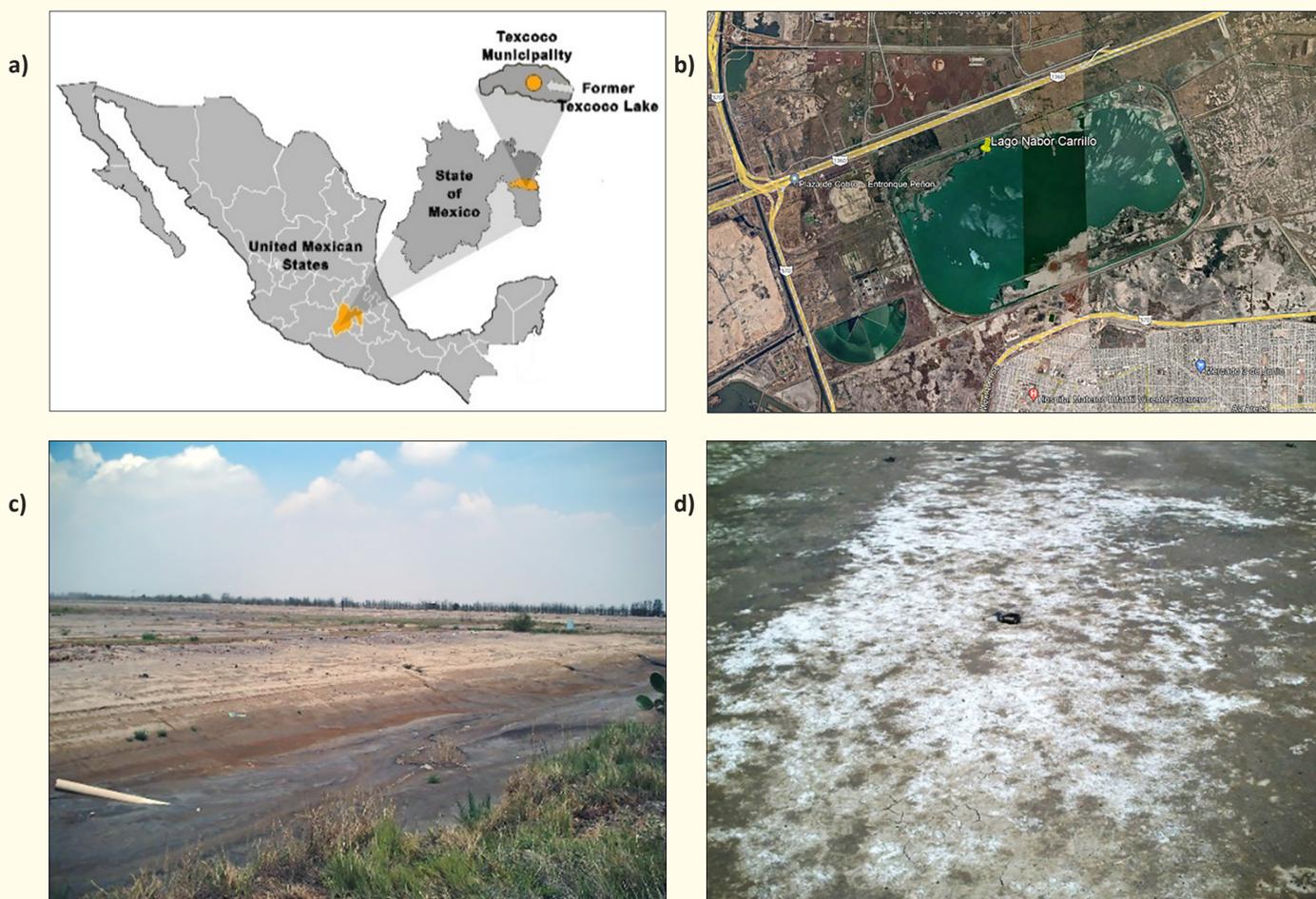


Figura 1. Exlago de Texcoco. a) Ubicación geográfica; b) imagen satelital del lago Nabor Carrillo (Tomado de Google© Earth Pro v.7.3.6.9345, 2023); c) vista tipo paisaje del suelo erosionado del exlago; d) costra salina en el suelo del exlago.

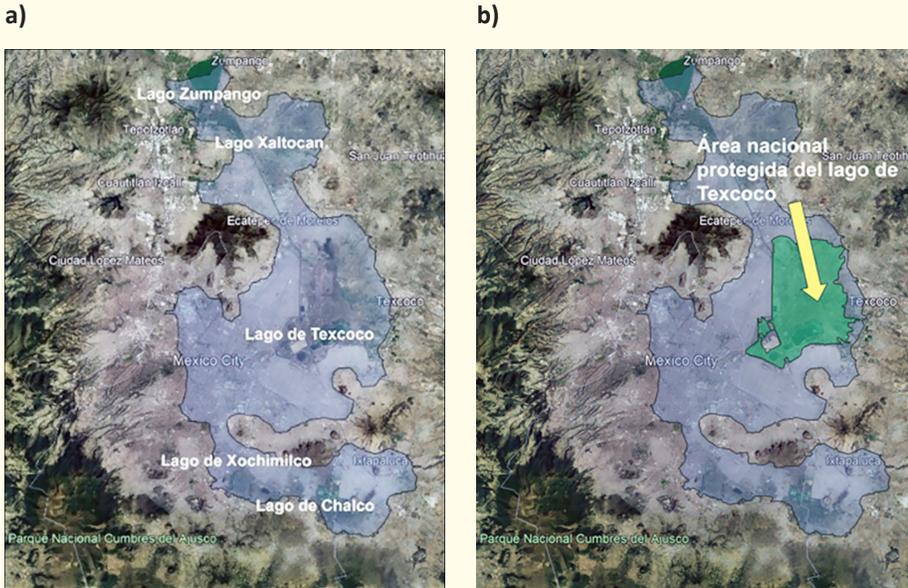


Figura 2. Vista satelital actual de la zona de Texcoco. a) Ocupación del suelo para uso industrial y habitacional de lo que antes ocupaban los principales lagos de México cerca de los años 1500; b) área nacional protegida del lago de Texcoco (editado de Google© Earth 2023 v7.3.6.9345).

adaptado a las condiciones inhóspitas del ambiente. Los procesos de drenado que se llevaron a cabo en esta zona afectaron la micro- y macrofauna. Los microorganismos halo-alcalo tolerantes del suelo son aquellos adaptados a la salinidad y alcalinidad del ambiente; son

éstos quienes participan en el reciclado de nutrientes y sostienen la salud del suelo y ecosistema local. La identificación y aislamiento permite vaticinar su uso en la industria biotecnológica con uso para biofertilizantes y para recuperación de suelos contaminados.

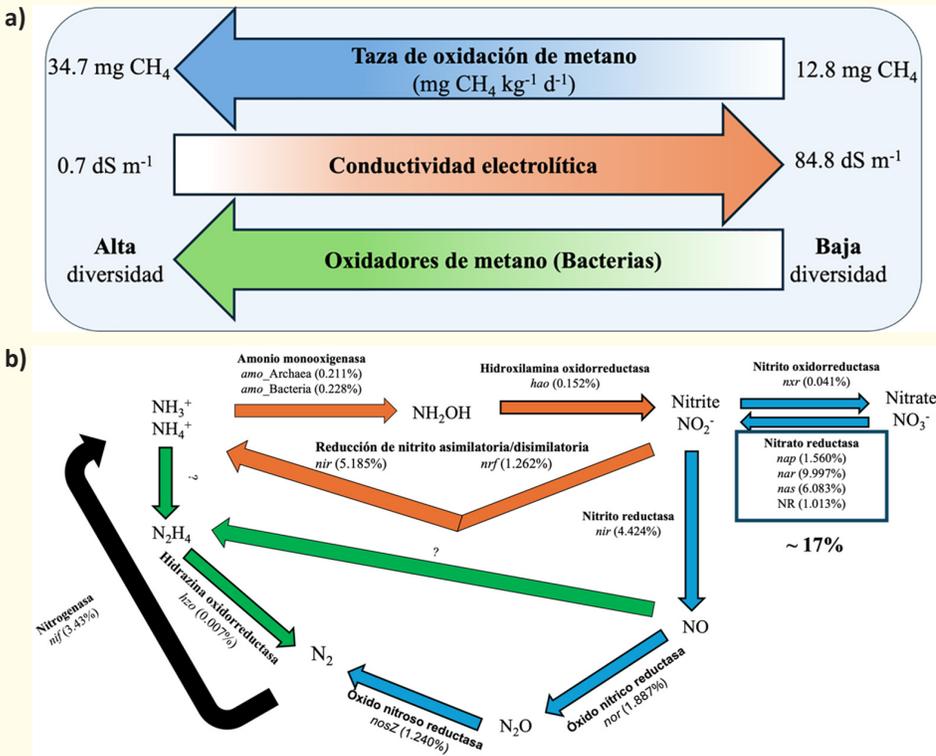


Figura 3. Funciones metabólicas de la comunidad bacteriana en el exlago de Texcoco. a) Relación de la oxidación de metano y la comunidad de bacterias degradadoras de metano; b) funciones putativas relacionadas con el ciclo del nitrógeno y la abundancia relativa en los diferentes procesos del ciclo del nitrógeno.

## Referencias

Alcocer, J., & Williams, W. D. (1996). Historical and recent changes in Lake Texcoco, a saline lake in Mexico. *International Journal of Salt Lake Research*, 5, 45-61.

Betancur-Galvis, L. A., Alvarez-Bernal, D., Ramos-Valdivia, A. C., & Dendooven, L. (2006). Bioremediation of polycyclic aromatic hydrocarbon-contaminated saline-alkaline soils of the former Lake Texcoco. *Chemosphere*, 62(11), 1749-1760. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2005.07.026>

CONAGUA. (2015). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Texcoco (1507), estado de México*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103138/DR\\_1507.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103138/DR_1507.pdf)

CONAGUA. (2022). *Parque Ecológico Lago de Texcoco*. <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/proyecto-ecologico-lago-de-texcoco>. Fecha de acceso: 10-10-2023

Dendooven, L., Alcántara-Hernández, R. J., Valenzuela-Encinas, C., Luna-Guido, M., Perez-Guevara, F., & Marsch, R. (2010). Dynamics of carbon and nitrogen in an extreme alkaline saline soil: A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(6), 865-877. <https://doi.org/10.1016/J.SOILBIO.2010.02.014>

Espinosa-Castillo, M. (2008). Procesos y actores en la conformación del suelo urbano en el exlago de Texcoco. *Economía, sociedad y territorio*, 8(27), 769-798.

González-Bourguet, B. J., Ruíz-Valdiviezo, V. M., Hernández-Guzmán, M., Delgado-Balbuena, L., Luna-Guido, M., & Dendooven, L. (2018). Removal of toluene from two contrasting soils, an agricultural soil and an alkaline soil. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 34(3), 417-425. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.03.05>

Murillo-Fernández, R. (2021). Formación del lago Nabor Carrillo, Texcoco. *Geotecnia* (260), 13-22.

Pérez-Hernández, V., Hernández-Guzmán, M., Luna-Guido, M., Navarro-Noya, Y. E., Romero-Tepal, E. M., & Dendooven, L. (2021). Bacterial communities in alkaline saline soils amended with young maize plants or its (hemi)cellulose fraction. *Microorganisms*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/microorganisms9061297>

Pérez-Hernández, V., Hernández-Guzmán, M., Serrano-Silva, N., Luna-Guido, M., Navarro-Noya, Y. E., Montes-Molina, J. A., & Dendooven, L. (2020). Diversity of amoA and pmoA genes in extremely saline alkaline soils of the former lake Texcoco. *Geomicrobiology Journal*, 37(9), 785-797. <https://doi.org/10.1080/01490451.2020.1779417>

SCT: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2019). Razones para la cancelación del proyecto del nuevo aeropuerto en Texcoco. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/sct/articulos/razones-para-la-cancelacion-del-proyecto-del-nuevo-aeropuerto-en-texcoco>

Valenzuela-Encinas, C., Neria-González, I., Alcántara-Hernández, R. J., Enriquez-Aragón, J. A., Estrada-Alvarado, I., Hernández-Rodríguez, C., Dendooven, L., & Marsch, R. (2008). Phylogenetic analysis of the archaeal community in an alkaline-saline soil of the former lake Texcoco (Mexico). *Extremophiles*, 12(2), 247-254. <https://doi.org/10.1007/s00792-007-0121-y>

Valenzuela-Encinas, C., Neria-González, I., Alcántara-Hernández, R. J., Estrada-Alvarado, I., Zavala-Díaz de la Serna, F. J., Dendooven, L., & Marsch, R. (2009). Changes in the bacterial populations of the highly alkaline saline soil of the former lake Texcoco (Mexico) following flooding. *Extremophiles*, 13(4), 609-621. <https://doi.org/10.1007/s00792-009-0244-4>

# Desarrollo Territorial Sostenible Administración Sectorial como una limitante

## *Sustainable Territorial Development. Sectoral Administration as a limitation*

Rosenda Aguilar Aguilar<sup>1</sup> y Salvador García Espinosa<sup>2</sup>

Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). 2. Facultad de Arquitectura, UMSNH. Morelia, Mich., México.  
Contacto: salvador.garcia.espinosa@umich.mx

**Resumen.** La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo 49 señala que “*el Supremo Poder de la Federación se divide para su ejercicio en Legislativo, Ejecutivo y Judicial y que no podrán reunirse dos o más de estos poderes en un solo individuo*”. Sin embargo, también es cierto que al Ejecutivo se le otorgan además de su función de naturaleza política que refiere a su relación con los otros dos Poderes, una segunda, función de carácter administrativo. En otras palabras, tiene la facultad de organizar toda la estructura administrativa gubernamental con la finalidad de brindar la prestación de servicios y demás responsabilidades. Este principio de organización administrativa descrito para el ámbito federal, se replica en lo estatal y municipal. De forma tal que, se crean Secretarías y Dependencias para atender diversos asuntos específicos de un sector, tal es el caso de la Secretaría de Economía, de Turismo, de Comunicaciones, Seguridad y muchas más. El presente artículo sustenta la hipótesis de que, dado que la asignación y distribución de los recursos financieros se distribuyen con base en la estructura administrativa, se incentiva una planeación por cada sector o dependencia, pero que, en la mayoría de los casos la persecución de objetivos sectoriales, constituyen una limitante para el desarrollo territorial sostenible del país.

**Palabras Clave:** Planeación, Administración pública, Políticas públicas.

**Abstract.** The Political Constitution of the United Mexican States in its article 49 states that “the Supreme Power of the Federation is divided for its exercise into Legislative, Executive and Judicial and that two or more of these powers cannot be combined in a single individual.” However, it is also true that the Executive is granted, in addition to its political function that refers to its relationship with the other two Powers, a second, administrative function. In other words, it has the power to organize the entire administrative structure of government with the purpose of providing the provision of services, among other responsibilities. This principle of administrative organization described for the federal level is replicated at the state and municipal levels. In such a way that Secretaries and Agencies are created to address various specific issues of a sector, such is the case of the Secretary of Economy, Tourism, Communications, Security and many more. This article supports the hypothesis that since the allocation and distribution of financial resources is distributed based on the administrative structure, a sense of planning is encouraged by each sector or agency, but that, in most cases, the pursuit of sectoral objectives constitutes a limitation for the sustainable territorial development of the country.

**Keywords:** Planning, Public Administration, Public Policies.

### Administración centralizada.

De acuerdo con el Artículo 1° de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF), la Administración Pública Federal se estructura en dos ámbitos: centralizada y paraestatal (DOF 01-12-2023). En el primer caso y se integra por la Presidencia de la República, las Secretarías de Estado, los Departamentos Administrativos y la Consejería Jurídica. Desde la promulgación de la Constitución Política, se publicó la *Ley de Secretarías de Estado*, que establece las Secretarías de Estado (Gobernación, Relaciones Exteriores, Hacienda y Crédito Público, Guerra y Marina, Agricultura y Fomento, Comunicaciones y Obras

Públicas, Industria, Comercio y Trabajo) y cinco Departamentos (Universitario y de Bellas Artes, Salubridad Pública, Aprovechamientos Generales, Contraloría, Establecimiento Fabriles y Aprovechamientos Militares).

Sin embargo, de acuerdo a las necesidades del momento y prioridades definidas por el Ejecutivo, la estructura centralizada se ha ido modificando con el surgimiento de nuevas secretarías. En la actualidad existen 18 nuevas Secretarías que conforman la Administración Federal.

Pese a lo anterior, las posibilidades de acción del Ejecutivo a través de la estructura administrativa resultan

sumamente rígida, ante los problemas o intereses coyunturales, derivados de presiones sociales como de compromisos internacionales que México signa. Por lo que se recurre a la creación de organismo o entidades creadas *ad hoc* y que en conjunto dan origen a una estructura paralela denominada paraestatal (Fernández, 2015).

### Administración paraestatal.

La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF), en su Artículo 1, señala que esta parte de la administración gubernamental se conforma por aquellas empresas de participación estatal, las instituciones nacionales de crédito, los fideicomisos y todas aquellas comisiones que se conforman bajo objetivos específicos y que le permiten a la administración en turno, emprender e impulsar políticas o proyectos específicos (DOF 01-12-2023). Incluso en 1947 hubo la necesidad de expedir (Guerrero, 1989) la *Ley para el control de los organismos descentralizados y las empresas de participación estatal* (1966) y un año más tarde se creó la Comisión Nacional de Inversiones, encargada de la vigilancia del cumplimiento de objetivos de esta estructura administrativa.

En México puede afirmarse que no existe un organismo central de planificación (García, 2008) y la planeación sobre el rumbo que seguirá el país, en buena medida corresponde al Ejecutivo a través del instrumento denominado plan nacional de desarrollo, que reafirma la idea de un sistema centralizado de planificación. La Ley de Planeación en Artículo 4, señala puntualmente que “*Es responsabilidad del Ejecutivo Federal conducir la planeación nacional del desarrollo con la participación democrática de los grupos sociales, de conformidad con lo dispuesto en la presente Ley*” (DOF, 2012).

Ferrocarriles Nacionales de México	Becas Benito Juárez
Altos Hornos de México	Comisión Nacional de Irrigación
Banco Nacional del Ejército y la Armada	Comisión Nacional del Agua
Banco de México	Consejo Nacional de Población
Banco de Comercio Exterior	<i>Centro Nacional de Inteligencia</i>
Instituto Nacional de Desarrollo Social	<i>Instituto de los Mexicanos en el Exterior</i>
<i>Instituto Nacional de Migración</i>	Comisión Nacional de Vivienda
Banco Nacional de Crédito Agrícola y Ganadero	Seguridad Alimentaria Mexicana
Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal	
Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología	

Tabla 1. Ejemplo de algunos de los organismos descentralizados a través del tiempo en México. Fuente. - Secretaría de Hacienda, 2020.

Pero en la mayoría de las veces más que una visión integral del desarrollo del país, se presenta una compilación de objetivos y proyectos emanados de cada Secretaría, desde una visión sectorial; más que territorial.

Lo anterior queda en evidencia cuando en un sexenio específico se impulsa el desarrollo industrial y luego en otro distinto, la infraestructura portuaria; la industria petrolera, el desarrollo e impulso de nuevos destinos turísticos y demás estrategias desde sectores distintos y que a su vez detonan distintas configuraciones de organización territorial.

#### Antecedentes de la actuación sectorial.

Durante la primera mitad del siglo XX, el común denominador fue la idea de impulsar un modelo económico que permitiera la construcción de un Estado nacional fuerte y era condición sine qua non que México dejara de ser solo cuya base económica fuera la exportación de materias primas y productos agropecuarios (Huerta y Chávez, 2003). Para lograr este objetivo económico fue necesario lograr una articulación de las diferentes regiones del territorio nacional, a través de la infraestructura ferroviaria, comunicaciones, sistemas de energía eléctrica entre otros, para impulsar un sector industrial.

La política industrial contribuyó significativamente al crecimiento de las principales ciudades y consolidó a la Ciudad de México como el principal nodo industrial. Así, a partir de segunda mitad del siglo XX, lo urbano constituyó una de las principales preocupaciones nacionales (Luiselli, 2020), tal vez por lo reciente de la aprobación Ley General de Asentamientos Humanos (1976) o

debido a que México por primera vez en la década de 1980, los habitantes urbanos constituyeron el 55% del total de la población (Garza, 2010). De forma tal que se buscó modificar la tendencia de crecimiento de las principales urbes como la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey entre otras, para impulsar un sistema urbano-regional más equilibrado (Aguilar et al, 1996). Se impulsó la creación de nuevos centros de población como Cancún (1970), Ixtapa-Zihuatanejo (1972), Los Cabos (1975), Loreto (1975) y Bahías de Huatulco (1984) (Baños, 2012). La visión sectorial se consolida con instrumentos como el Plan Nacional de Desarrollo Industrial (1979-1982), el Plan Nacional de Desarrollo Urbano (1982) y el actual Programa Nacional de Vivienda 2021-2024, entre otros.

Si bien, el ordenamiento del territorio adquiere relevancia desde 1960, esto sólo fue para el campo disciplinar de la geografía. Hasta finales del siglo pasado, la relevancia que adquieren, en el contexto nacional, los aspectos ambientales (Micheli, 2022) propiciaron que se vincularan estrechamente a la dimensión territorial, con la publicación en 1976 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, bajo la figura del ordenamiento ecológico entendido como “regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos” (DOF 01, 04, 2024).

Sin embargo, las dependencias y organismos ligados al ámbito urbano actúan en función de constituir un instrumento rector de Ordenamiento Territorial y que plantea como objetivo

principal configurar la dimensión espacial y territorial del desarrollo en México a través de buscar la reducción de las desigualdades sociales, fortalecer la gobernanza y buscar el desarrollo sustentable de las regiones (SEDATU, 2021).

La anterior diferencia anterior adquiere relevancia al considerar que la población urbana en México representa el 80% del total de habitantes (INEGI, 2020) y la búsqueda de la sustentabilidad de acuerdo con la Nueva Agenda Urbana (ONU-NAU, 2016) se ubica como un asunto mayoritariamente urbano más que meramente ambiental. Sobre todo, si se considera que los principales impactos van más allá de su ocupación territorial, sea a través de la demanda de productos que consumen los habitantes de las ciudades, por el tipo y cantidad de los desechos o contaminación generada en las urbes.

#### Reflexiones finales.

Lo expuesto busca evidenciar que, si bien en el contexto actual resultan ineludibles las consideraciones derivadas del Cambio Climático, éstas adquieren una dimensión específica si se contextualiza en la realidad de un mundo eminentemente urbano y más aún, en el caso de México donde el porcentaje de población que habita en ciudades es mayor que el promedio mundial.

Así lo plantea la Nueva Agenda Urbana cuando señala que el compromiso es “trabajar en pro de un cambio de paradigma urbano” y para lograr este objetivo se plantea como necesario “reorientar la manera de planificar, financiar, desarrollar, administrar y gestionar las ciudades y los asentamientos humanos, reconociendo que el desarrollo urbano y territorial sostenible es un elemento indispensable para alcanzar el desarrollo sostenible y la prosperidad para todos.” (ONU-NAU, 2016: 8).

Lo anterior implica necesariamente considerar que el uso y ordenamiento del territorio será paso ineludible para la alcanzar la sostenibilidad urbana. Este redimensionamiento e incluso la nueva conceptualización del territorio, radica en que lo relevante consiste en identificar, ordenar y clasificar los agentes que actúan en el territorio de acuerdo con la definición de ciertos criterios, según los objetivos que se persiguen para evidenciar las relaciones que se establecen entre ellos y permiten explicar la configuración del territorio más allá de sus condiciones físico-geográficas o topográficas.



Figura 1. Llegada de mercancías al Puerto de Lázaro Cárdenas, uno de los más importantes del país, pero que aún carece de adecuada infraestructura carretera. Fuente: SCT.

Se puede afirmar que el principal obstáculo para lograr los objetivos anteriores es la utilización de la estructura administrativa como guía de la planeación de acciones y obras gubernamentales que detonará el desarrollo. Sin embargo, se considera que la organización de la administración en el ámbito federal, estatal y municipal se ha desarrollado bajo principios de eficiencia administrativa, donde el territorio no era una variable que considerar.

Ahora bien, desde la perspectiva territorial que, es la que vive de forma cotidiana cualquier persona, lo que se percibe es una serie de contradicciones que propician las acciones sectoriales por la falta de una perspectiva integral. Se tiene plena conciencia de que modificar la estructura de la administración gubernamental resulta por demás compleja. Sin embargo, la necesidad de transitar hacia esquemas de sustentabilidad, ha detonado un interés sobre las implicaciones territoriales es posible, en términos prácticos, observar al menos en dos de las actuales Secretarías de Estado. La primera de ellas como ya se mencionó es la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos naturales (SEMARNAT) y actúa desde la perspectiva ambiental principalmente a partir de la LEGEPA.

La segunda en la Secretaría de Desarrollo Territorial y Urbano (SEDATU) que se le faculta y por lo tanto se le responsabiliza de instrumentar estrategias tendientes a lograr la sustentabilidad de las ciudades mexicanas (DOF: 01-07-2021).

Si bien el objetivo de ambas Secretarías puede considerarse el mismo, resulta prácticamente imposible el ordenamiento del territorio, si de forma simultánea actúan de forma

independiente y parcial una serie de organismos gubernamentales centralizados o paraestatales, que persiguen objetivos específicos definidos sin una perspectiva territorial integral. Resulta por demás imposible de lograr mientras estos organismos actúen bajo una visión sectorial; toda vez que la perspectiva territorial resulta una condición *sine qua non* para enfrentar la actual crisis climática. Hay que considerar que hay más de 220 Secretarías y distintos organismos tanto de la estructura central como de la paraestatal; solo corresponde a una de ellas, a la Secretaría Desarrollo Territorial y Urbano (SEDATU)

Puede señalarse que lo ambiental evolucionó a principios del siglo XXI hacia el concepto de sustentabilidad (Chávez, 2006) cuya visión, por su naturaleza integral, poner en tela de juicio las estrategias por sector y que en buena medida han propiciado contradicciones significativas en el territorio.

Un caso que ejemplifica la situación anterior, es el de la ciudad de Lázaro Cárdenas, que si bien fue objeto de una estrategia sectorial de índole industrial, bajo la cual se decidió construir una industria siderúrgica que, de acuerdo con el proyecto se pensó como un polo de desarrollo que detonaría la instalación de industrias vinculadas al acero para la manufactura de bienes de capital. Todo en el marco de el gran proyecto nacional de sustitución de importaciones (Secretaría de la Presidencia, 1976), cuyo documento señala puntualmente que el proyecto: *“responde a la preocupación del C. Presidente de la República, Lic. Luis Echeverría Álvarez, por promover un nuevo polo de desarrollo económico. En este proyecto se concretiza su voluntad de lograr un mejor nivel de vida para las mayorías, efectuar una*

*descentralización industrial y participar en la tarea de la producción”* (Secretaría de la Presidencia, 1976:2).

La prevalencia de la visión del sector industrial dejó de lado que se requerían una serie de inversiones complementarias como el caso de infraestructura carretera, equipamiento social, vivienda y demás elementos, cuya ausencia, propició un enclave industrial más que un polo de desarrollo que potenciara las ventajas competitivas del territorio de la costa michoacana (García y Figueroa, 2021).

Posteriormente el Gobierno Federal, en el proceso de desincorporación del sector paraestatal, la empresa Siderúrgica como los Ferrocarriles Nacionales de México (Sacristán, 2006). Hoy en día las inversiones en el puerto han detonado la logística de intercambio comercial en el Puerto Lázaro Cárdenas, hasta ubicarlo como uno de los principales del país (Encinas, 2017) y aún carece de la infraestructura carretera que permita potenciar esta dinámica económica en beneficio del territorio michoacano (García, 2024).

#### Referencias.

- Aguilar, A.G. Graizbord B. & Álvaro Sánchez C. (1996). *Las ciudades intermedias y el desarrollo regional en México*. México: CONACULTA/UNAM/El Colegio de México.
- Baños, J.A. (2012). “Ocupación del territorio litoral en ciudades turísticas de México” en *Revista Bitácora Urbano Territorial*, vol. 20, núm. 1, pp. 41-52 Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia.
- Chávez Cortés, Marta Magdalena. (2006). Distintas vías para abordar la sustentabilidad:

una exploración del camino seguido por el gobierno mexicano. *Argumentos (México, D.F.)*, 19(51), 173-212. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57952006000200007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57952006000200007&lng=es&tlng=es).

DOF. Diario Oficial de la Federación. (2012). Ley de Planeación, 9 de abril de 2012.

DOF. Diario Oficial de la Federación. (2021). Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial (ENOT), 9 de abril de 2021.

DOF (7-8-2023). Relación de las Entidades Paraestatales de la Administración Federal. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5697709&fecha=07/08/2023#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5697709&fecha=07/08/2023#gsc.tab=0)

DOF 1-12-23, Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LOAPF.pdf>

DOF 01-04-2024, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>

Encinas, J.E. (2017) "La evolución de los puertos Marítimos" en *DA 65/17*, Instituto de investigaciones Estratégicas de la Armada de México. México

Fernandez, M.G. (2015). *Marco Jurídico Estructural de la Administración Pública Federal Mexicana*, Instituto Nacional de Administración Pública, A.C. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/10/4519/14.pdf>

García Francisco. (2008). "La planeación del desarrollo regional en México (1900-2006)" en *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, Núm. 71, pp. 102-121 UNAM.

García, S., y Figueroa, G. B. (2022). "Puerto de Lazaro Cárdenas, México. Una frontera mundial ignorada" en *Revista Territorios*, (47), 1-19. Colombia. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.9958>.

García, S. (2024). "URBANÓPOLIS: Observatorio Ciudadano de la Autopista Siglo XXI" en *Cambio de Michoacán*, 6 abril. Morelia. <https://cambiodemichoacan.com.mx/2024/04/06/urbanopolis-observatorio-ciudadano-de-la-autopista-siglo-xxi/>

Garza, G. (2010). "La transformación urbana de México, 1970-2020" en *Desarrollo urbano y regional / Gustavo Garza y Martha Scheingart*, coordinadores. El Colegio de México.

Guerrero, Oscar. (1989). *El Estado y la Administración Pública en México. Una Investigación sobre la Actividad del Estado Mexicano en Retrospección y Prospectiva*. Instituto Nacional de Administración Pública A.C. México.

INEGI. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020, México.

Ley para el Control, por parte del Gobierno Federal, de los Organismos Descentralizados y Empresas de participación estatal. (1966). *El Trimestre Económico*, 33 (130(2)), 365-369. <http://www.jstor.org/stable/20855867>

Lomelí, L. (2012). "Interpretaciones sobre el desarrollo económico de México en el siglo XX" en *Economía UNAM*, 9 (27), 91-108. Recuperado en 13 de febrero de 2024, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-952X2012000300005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2012000300005&lng=es&tlng=es).

Luiselli, C. (2019). "Los desafíos del México urbano" en *Economía UNAM*, 16(46), 183-195. Epub 17 de junio de 2020. <https://doi.org/10.22201/fe.24488143e.2019.46.444>

Micheli, J. (2002). "Política ambiental en México y su dimensión regional" en *Región y sociedad*, 14(23), pp. 129-170. Colegio de Sonora. México [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-39252002000100005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252002000100005&lng=es&tlng=es).

Monserrat, H. y Chávez, M. F. (2003) "Tres modelos de política económica en México durante los últimos sesenta años Análisis Económico" en *Revista Análisis Económico*, vol. XVIII, núm. 37, pp. 55-80, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. México.

ONU-Nueva Agenda Urbana. (2016) <https://onuhabitat.org.mx/index.php/la-nueva-agenda-urbana-en-espanol>.

Sacristan, E. (2006). "Las privatizaciones en México" en *Economía UNAM*, vol.3 (9). México. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-952X2006000300004](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2006000300004)

Secretaría de la Presidencia, (1976). *Lázaro Cárdenas. Elementos Básicos de Programación*, México.

SEDATU. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2021). Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial (ENOT), México. <https://www.gob.mx/sedatu/documentos/estrategia-nacional-de-ordenamiento-territorial-de-la-sedatu?state=published>

• Enviado: abril 13, 2024 • Aceptado: mayo 16, 2024

# Importancia de la logística en empresas michoacanas

## Importance of logistics in Michoacan companies

Graciela Vargas-Guizar, José de Jesús Contreras-Navarrete y Jaime Aguilar García.

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia/División de Estudios de Posgrado e Investigación/Departamento de Ingeniería Industrial. Morelia, Mich., México.  
Contacto: [jaim.e.ag@morelia.tecm.mx](mailto:jaim.e.ag@morelia.tecm.mx)

**Resumen.** Actualmente, la logística ha emergido como un factor crítico que determina el éxito y la competitividad de las empresas a nivel global. Su importancia se extiende a través de diversos aspectos clave que impactan la economía, la sociedad y el medio ambiente. La logística se está convirtiendo en un elemento crucial para la competitividad y el rendimiento económico, tanto en sí misma como en el contexto de una creciente globalización. En el caso de las empresas mexicanas, enfrentan un entorno logístico complejo con desafíos en la gestión logística empresarial, especialmente para las PYMES. La falta de control de inventarios y almacenes puede llevar a pérdidas y robos, lo que destaca la importancia de un control efectivo de inventario. Además, la creciente inseguridad en México representa un obstáculo para el movimiento de mercancías. Los niveles de robos han aumentado, acompañados por un aumento en la violencia en los delitos logísticos. En este entorno, la logística sigue siendo fundamental para la eficiencia y competitividad de las empresas mexicanas.

**Palabras clave:** Almacenes, inventarios, PYMES

**Abstract.** In the current context, logistics has emerged as a critical factor that determines the success and competitiveness of companies on a global scale. Its significance extends across various key aspects that impact the economy, society, and the environment. Logistics is increasingly becoming a pivotal element for competitiveness and economic performance, both independently and within the framework of a growing globalization trend. Mexican companies face a complex logistical environment with challenges in business logistics management, particularly for SMEs. The lack of inventory and warehouse control can result in losses and thefts, underscoring the importance of effective inventory management. Furthermore, the escalating insecurity in Mexico poses a hindrance to the movement of goods. The incidence of theft has risen, accompanied by an increase in violence related to logistics crimes. In this setting, logistics remains fundamental for the efficiency and competitiveness of Mexican enterprises.

**Keywords:** Warehouses, inventories, small and medium industry

## Introducción

En el contexto actual, marcado por la rápida evolución del comercio y la tecnología, la logística emerge como un factor crítico que determina el éxito y la competitividad de las empresas a nivel global. Su relevancia se extiende a través de varios aspectos clave que impactan directamente en la economía, la sociedad y el medio ambiente.

La logística se está convirtiendo en un elemento crucial de la competitividad y el rendimiento económico, tanto en sí misma como en el contexto de una globalización creciente y dependiendo del tipo de empresa llega a representar hasta un 50% de sus costos (BID, 2011). La logística es una pieza clave en cada empresa relacionada con el ingreso de materias primas, es necesario que exista la coordinación pertinente desde el inicio del proceso hasta el final. La función principal que cumple la logística se basa en que las empresas logren poner a disposición de los clientes los productos en el lugar y momento correcto (Peralta Lorduy, et al., 2018).

La logística gira en torno a la creación de valor: valor para los clientes y proveedores de la empresa, y para los accionistas de la empresa. El valor de la logística se expresa principalmente en tiempo y lugar. Los productos y servicios no tienen valor a menos que estén en posesión de los clientes en el momento (tiempo) y el lugar (lugar) en que desean consumirlos. Tanto las pequeñas, medianas y grandes empresas enfrentan dificultades logísticas y se ven afectadas por una inadecuada gestión de sus operaciones. Hoy día las empresas se ven obligadas a crear nuevas ideas para obtener una ventaja competitiva. Por tanto, el interés de las empresas se dirige a la gestión de la cadena de suministro, creando valor para la empresa y el cliente, centrándose en satisfacer las expectativas del cliente (Campos Portugal, et al., 2023). El aumento de la diversificación de las cadenas de suministro presenta grandes oportunidades para los países y las comunidades que han tenido dificultades para integrarse en las cadenas de valor mundiales: la incorporación de un mayor número de ellos a las redes de producción (lo que denominamos "reglobalización") tendría efectos positivos en la resiliencia del suministro, el crecimiento y el desarrollo (FMI, 2023).

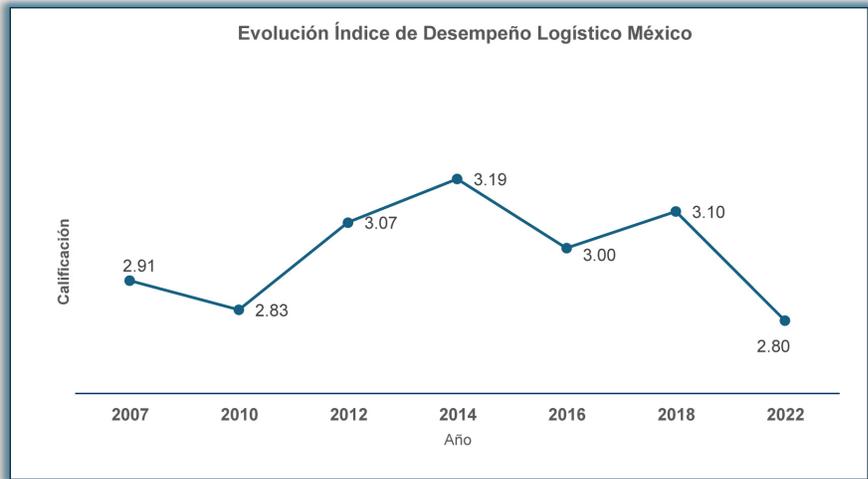


Figura 1. Índice de desempeño logístico México.  
Datos obtenidos de <https://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI.ITRN.XQ?end=2022&locations=MX&start=2007&view=chart>

La finalidad principal de la logística integral es conseguir la mayor eficacia posible en distribución y esto se obtiene poniendo los productos en el lugar y momento oportuno. Todas las empresas que en su proceso tenga un proceso logístico integral serán capaces de conseguir una mayor flexibilidad, reducir costos, minimizar el tiempo de respuesta, ofrecer un mejor servicio a sus clientes e incrementar todo el proceso productivo de ésta. (Peralta Lorduy et al., 2018).

### La logística aplicada

#### *Contexto de las empresas mexicanas en su manejo logístico.*

Las empresas mexicanas enfrentan un entorno logístico complejo, donde diversos factores internos y externos juegan un papel crucial en sus operaciones y estrategias logísticas. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), reporta que en México el 99.8% son PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) del total de unidades empresariales y que a su vez generan el 52% del producto interno bruto en el país (Bailón García, et al., 2015); por esa razón es crucial fomentar el crecimiento y asegurar la permanencia en el mercado. Las PYMES presentan dificultades en la gestión logística empresarial, como lo son la relación con los proveedores, el procesamiento de los pedidos, los tiempos y movimientos en el proceso productivo; y para poder superar estos inconvenientes logísticos, se sugiere que la empresa PYME debe diseñar procedimientos de producción claros,

donde se tengan en cuenta los tiempos y movimientos; también debe planear su producción y las estrategias de comercialización de sus productos en el mercado de destino, con el fin de maximizar sus ganancias y disminuir costos productivos (Avendaño-Cardenas & Silva-Guerra, 2018).

La posición geográfica de México es privilegiada. Al norte comparte 3,152 kilómetros de frontera con el mercado más grande del mundo, se encuentra en medio de dos de los principales ejes del comercio internacional: el atlántico y el pacífico, y está al centro en la conexión norte-sur del continente americano. La distancia entre México y los principales hubs logísticos de Europa, Asia, Norteamérica y Sudamérica lo coloca en una posición estratégica en el panorama del comercio internacional. (Pro México Inversión y Comercio, 2018). Actualmente México ocupa el lugar 47 de 155 países del índice de desempeño logístico (Fig.1) con una calificación de 2.8 (BM, 2022). El gran problema de la infraestructura logística en México no está en las vías carreteras, sino en la falta de interconectividad entre el transporte terrestre, marítimo y ferroviario (Obras-Expansión, 2019).

#### *Principales problemas logísticos en las empresas mexicanas.*

En promedio una PYME en México, tiene un tiempo estimado de vida de dos años y sólo 70 de cada 100, un tiempo de cinco años de acuerdo con datos del INEGI; aunque muchos son los factores

que la llevan a la quiebra, hay uno en particular: el no tener buen control de inventarios y almacenes, lo que genera robos como los famosos “robo hormiga” que representan una pérdida de hasta un 30% (El economista, 2018). La adecuada gestión de inventario es un elemento crítico en la gestión logística y su objetivo es minimizar el costo operativo y el costo promedio de inventario.

La situación provocada por la pandemia ha incrementado aún más la importancia de contar con un control de inventario efectivo dentro de la empresa, desde que se inicia con la adquisición de la mercancía y su almacenamiento, y termina en la salida de los productos hacia el cliente o los puntos de venta. (Durán Acosta, et al., 2022). Otros autores expresan que las PYMES presentan dificultades en la gestión logística empresarial, como lo son la relación con los proveedores, el procesamiento de los pedidos, los tiempos y movimientos en el proceso productivo; y para poder superar estos inconvenientes logísticos, se sugiere que la empresa diseñe procedimientos de producción que tengan en cuenta los tiempos y movimientos, planear su producción y las estrategias de comercialización de sus productos en el mercado de destino, lo anterior con el fin de maximizar sus ganancias y disminuir sus costos productivos (Avendaño-Cardenas & Silva-Guerra, 2018). La creciente inseguridad en México se ha convertido en un obstáculo para el movimiento de mercancías a través de sus vías terrestres (Fig.2), afectando tanto al sector ferroviario como al auto transportista. Datos recientes muestran que los niveles de robos han alcanzado sus puntos más altos en el último año desde 2019, lo que ha sido acompañado por un aumento en el uso de la violencia (Expansion, 2024).

Durante los años 2022 y 2023, se trabajó con 18 pequeñas, micro y medianas empresas michoacanas de diversos sectores (Fig. 3A), incluyendo la transformación, comercialización y distribución de productos tales como abarrotes, artículos de limpieza, materiales prefabricados para la construcción, ferreterías, fabricantes de aceites, comercializadores de productos agrícolas y empresas de transporte. Este trabajo se enfocó en abordar los principales desafíos logísticos identificados, que incluyen problemas en

el control de almacenes, gestión de inventarios y gestión de la información. Se identificó una importante área de oportunidad en lo que respecta a la implementación de un plan de estandarización para procesos críticos como la recepción y organización de mercancías, el tiempo de recolección de pedidos y la preparación y despacho de los mismos. En la mayoría de las empresas, se hizo evidente la necesidad de definir y delinear claramente las responsabilidades para resolver problemas de comunicación, tareas duplicadas, reprocesos y conflictos interpersonales causados por la falta de claridad en los roles y responsabilidades dentro de los procesos. De las PYMES analizadas, 94% presentaron problemas con la estandarización de procesos logísticos y el 100% presentó problemas en el control de almacenes y gestión de los inventarios. En el ámbito de la gestión de almacenes, se detectó que el tiempo de recolección de pedidos representa el

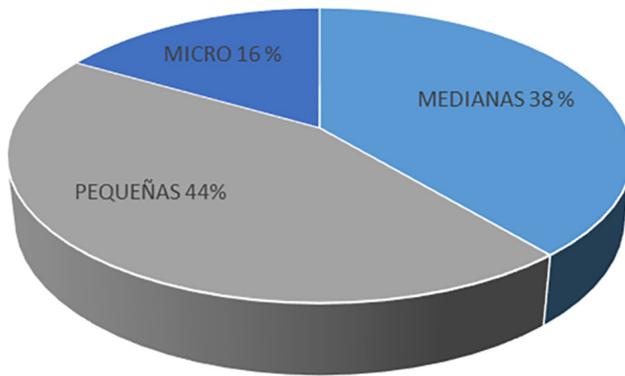
mayor costo operativo y depende directamente de un control riguroso sobre la ubicación de las mercancías en el almacén. Cuando esta gestión de distribución (llamada *slotting*) es precisa, los encargados de despachar pedidos pueden localizar y seleccionar los productos con mayor rapidez, optimizando así el tiempo de surtido. La gestión de inventarios es un proceso integral que se complementa estrechamente con el control de almacenes, el 50% de las PYMES del estudio logró mejoras en la gestión de inventarios. Al asegurar una gestión eficaz de la mercancía dentro del almacén, se logra incrementar la confianza del inventario, 33% de las PYMES maximizaron el uso de espacios de almacén lo que a su vez representa un mayor control del mismo. De manera complementaria a las mejoras en el control de almacenes, se obtuvieron los siguientes beneficios derivados de la eficiente gestión de inventarios:



Figura 2. El transporte de carga en números. Tomado de <https://www.anp.org.mx/indicadores#transporte> Experiencias de implementación en empresas Michoacanas

A)

PYMES



B)

Resultados

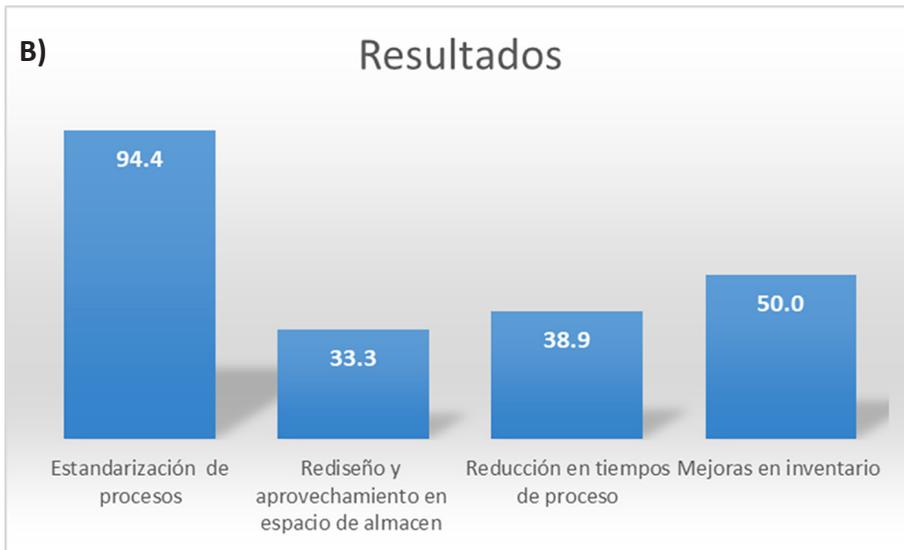


Figura 3. A) Distribución de PYMES, B) Porcentaje de empresas con mejoras. Elaboración propia.

reducción de incidencias de robo hormiga, aumento en la precisión del inventario y la disminución en los niveles de merma. Finalmente el 39% de las empresas logró la reducción en tiempos de procesos mayores al 50%. Esto habla de un impacto positivo al implementar una herramienta como la estandarización en la organización de las PYMES, que aparenta ser simple, pero tiene efecto económico importante. A continuación, se muestran los principales resultados obtenidos (Fig. 3B).

Mediante la implementación de estrategias enfocadas en la estandarización de procesos y la optimización del control de almacenes e inventario en 18 PYMES del Estado, se logró no solo una mejora significativa en las operaciones diarias, sino también un incremento notable en la rentabilidad y en la satisfacción del cliente. La

estandarización de los procesos permitió a las empresas eliminar ineficiencias y mejorar la comunicación interna, lo que resultó en una gestión de procesos más ágil y efectiva. La implementación de sistemas de control de almacenes e inventarios minimizó las pérdidas por mermas y robos, redujo las discrepancias de inventario y optimizó la rotación de los mismos. Esto no sólo mejoró la precisión en la gestión de inventarios, sino que también facilitó una respuesta más rápida a las demandas del mercado, aumentando así la capacidad de las empresas para satisfacer las necesidades de sus clientes de manera eficiente. La capacitación del personal y la gestión efectiva del cambio fueron fundamentales para asegurar la adopción y el éxito de estas nuevas prácticas, transformando la cultura organizacional hacia una más dinámica, práctica y que genera una mayor ganancia.

Referencias

Avendaño Cardenas, E., & Silva Guerra, H. (2018). Análisis de los cuellos de botella en la logística internacional de las Pymes de confecciones en Colombia. *TeloS*, 20(3). Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/993/99357002009/99357002009.pdf>

Bailón García, T. I., Romero López, R., Alvarado Iniesta, A., Romero Gonzalez, J., & Guerrero Avila, J. J. (Mayo-Agosto de 2015). Factores logísticos que inciden en el aumento de la competitividad de las PyMES: una revisión de literatura. *Culcyt/Logística*. Obtenido de <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/816/779>

BID. Banco Interamericano de Desarrollo. (2011). *Banco Interamericano de Desarrollo*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/La-logística-como-motor-de-la-competitividad-en-América-Latina-y-el-Caribe.pdf>

BM. Banco Mundial. (2022). *Índice de Desempeño Logístico*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI.OVRL.XQ?locations=MX>

Campos Portugal, P. A., Cerrud Alvarez, F., González Tejedor, M. B., & Rodríguez, B. (2023). La administración de la cadena de suministro y su importancia en las empresas, como parte de la estrategia en los nuevos modelos de negocios. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7212. Obtenido de <file:///C:/Users/graci/Downloads/6709-Texto%20del%20art%C3%ADculo-28285-1-10-20230706.pdf>

Durán Acosta, M. G., Calles Montijo, F., & Zolano Sánchez, M. L. (Enero-Junio de 2022). Gestión y control de inventario en pequeñas y medianas empresas (pymes) como herramienta de información para la toma de decisiones en tiempos de crisis. *Revista de Investigación Académica sin Frontera*. doi:<https://doi.org/10.46589/rdiasf.vi37.468>

El economista. (18 de Mayo de 2018). *Mala gestión de inventario causa muerte de Pyme*. Obtenido de <https://www.eleconomista.com.mx/el-empresario/Mala-gestion-de-inventario-causa-muerte-de-Pyme-20180518-0072.html>

Expansion. (26 de Febrero de 2024). *La inseguridad obstaculiza el movimiento de mercancías y empaña el nearshoring*. Obtenido de <https://expansion.mx/empresas/2024/02/26/la-inseguridad-obstaculiza-el-movimiento-de-mercancias-y-empana-el-nearshoring>

FMI. Fondo Monetario Internacional. (Junio de 2023). El comercio mundial puede seguir impulsando la prosperidad. *Finanzas & Desarrollo*, 10-11.

Obras .Expansion. (27 de Junio de 2019). La infraestructura logística, el sector olvidado por México. Obtenido de <https://obras.expansion.mx/infraestructura/2019/06/27/la-infraestructura-logistica-el-sector-olvidado-por-mexico>

Peralta Lorduy, I., Gómez Salinas, S., Ariza, M., & Martínez, L. (2018). Consideraciones a cerca de la importancia de la logística integral en las empresas. *Revista Saber, Ciencia y Libertad En Germinación*, 157-160. Obtenido de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/germinacion/article/view/9048/8011>.

## Historia de Santa Claus

Santa Claus juega un papel fundamental en la tradición de los regalos de Navidad en los últimos años, es un personaje que acorde a diferentes mitologías e historias centra su historia a partir de la vida de un personaje real conocido como San Nicolás de Bari, que acorde a diferentes publicaciones vivió en los siglos III y IV, quien fue destacado por su alta generosidad con personas necesitadas, por lo que permitió ganar adeptos por las obras que logró (Abel, 2023). La historia ha contribuido a la idea fascinante de que, en una noche desde un lugar remoto del polo norte, viaja a lo largo y ancho del planeta para contribuir con la felicidad de quienes confían en él (Handwerk, 2017).

### ¿De dónde viene Santa Claus?

Santa Claus tiene su casa en el pueblo de Rovaniemi, la capital de la Laponia Finlandesa (C.M. Hall, 2008). Un lugar cercano al círculo polar ártico con una alta complejidad de acceso terrestre, marítimo y aéreo; y climas que llegan alcanzar temperaturas congelantes hace aún más interesante el fantástico recorrido que en unas horas permitirá que millones de niños a nivel mundial despierten con una sonrisa, conservando esta fascinante tradición. A ese proceso se le conoce como logística y comienza desde la planificación de la cantidad, el tipo de juguete, el mercado al que irá dirigido y demás. Posteriormente, Santa Claus y su equipo debe enfocarse en la forma en

# Regalos navideños ¿Magia o una adecuada logística? *Christmas gifts: Magic or proper logistics?*

**Jaime Aguilar García, Rodrigo González-Garfias  
y José de Jesús Contreras Navarrete**

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia/División de Estudios de Posgrado e Investigación/Departamento de Ingeniería Industrial. Morelia, Mich., México.  
Contacto: jose.cn2@morelia.tecnm.mx

**Resumen.** Es un día de júbilo, después de un año de obedecer las reglas y actividades que los padres dictaron a lo largo de todo este tiempo ha llegado el momento de ir hacia el árbol, buscar, husmear, indagar y encontrar los regalos tan esperados. El 25 de diciembre representa una fecha importante para muchas personas, pero en especial para los niños; Papa Noel, San Nicolás, Babbo Natale (en Italia) o Santa Claus logró viajar por miles de kilómetros desde tierras lejanas hasta tu casa, entro por la chimenea (a pesar de su peso), comió las galletas que dejaste y dejó en la base de tu árbol el premio tan ansiado durante mucho tiempo. ¿Cómo lo hizo?, ¿Tuvo ayuda de alguien? ¿Cómo es la planeación en trayectos tan largos en un corto tiempo? En el presente documento mostramos el funcionamiento del proceso logístico navideño ideado por Santa Claus, desde la concepción de la idea del regalo, hasta el momento en que el regalo se encuentra bajo el árbol de Navidad.

**Palabras clave:** Santa Claus, proceso logístico, planeación.

**Abstract.** It's a day of joy, after a year of following the rules and activities that mom and dad set out throughout this time, the moment has come to head towards the tree, to search, sniff around, inquire and find the long-awaited gifts. December 25th represents an important date for many people, but especially for children; Father Christmas, Saint Nicholas, Babbo Natale (in Italy), or Santa Claus managed to travel thousands of kilometers from distant lands to your home, entered through the chimney (despite his weight), ate the cookies you left out, and left at the base of your tree the prize long yearned for. How did he do it? Did he have help from someone? How does he cover such long distances in such a short time? In this document, we demonstrate the workings of Santa Claus's logistics, from the conception of the gift idea to the moment the gift is under the Christmas tree.

**Keywords:** Santa Claus, logistic process, planning

que se producirán los juguetes, materiales y materia prima necesaria. Una vez que ya se tienen los regalos lo que sigue es colocarlos en un almacén donde estén en completo resguardo de cualquier riesgo, esperando que sean



Figura 1. Posición teórica de donde comienza la logística de Santa Claus. Tomada de www.creatingcoms.com



Figura 2. Ejemplos de material empleado como presentación del regalo. Tomado de www.hallmark.com

procesados los pedidos con la finalidad de saber lugar y planificar la ruta. Finalmente, Santa Claus y su equipo entran en la parte de transporte y entrega, todo esto hace posible la magia y esta magia es la logística.

### Planificación del proceso logístico

Aunque parezca que el proceso de pedir regalos para navidad a Santa Claus es fácil y solo se centra en escribir la carta, ponerla debajo del árbol o en el calcetín de la chimenea, y esperar que se cumpla el sueño, esto requiere de un trabajo de planeación que comienza desde el inicio del año pues se calcula que alrededor de 200 millones de niños en el mundo recibirán un regalo. Las principales actividades de este proceso logístico comienzan de la siguiente forma.

*Actividad 1. ¿Cuáles son los regalos más pedidos por los niños en navidad?*

La complejidad de este proceso se centra en encontrar los regalos que son mayormente solicitados en navidad, pues estos van desde muñecas, vehículos de juguete, bicicletas, muñecos de acción, consolas de videojuegos, productos tecnológicos, entre otros. Los pedidos son tan diversos que lo cual viene acompañado de la siguiente tarea.

*Actividad 2. ¿Cuáles son los principales proveedores?*

Precio, tiempo de entrega y garantía son algunas de las características que se deben tomar en cuenta al momento de

seleccionar a los proveedores, pues estos representan una parte fundamental en este proceso logístico, ya que si no se tiene el respaldo necesario comenzarán a crecer las quejas de manera acelerada y el milagro del 25 de diciembre difícilmente ocurrirá. Una vez que han sido identificados los principales proveedores es momento de comenzar con la etapa siguiente.

*Actividad 3. Manufactura, producción y elaboración de los pedidos de los niños.*

Entre los meses de mayo y julio, las principales empresas fabricantes de los pedidos previamente realizados tienen la importantísima tarea de producir los juguetes que serán solicitados para el gran día.

Esta etapa se ha desarrollado a partir de un comportamiento histórico; que mediante estudios de mercado y modelos de pronósticos avanzados ha sido posible determinar una demanda aproximada para el 25 de diciembre.

*Actividad 4. Distribución de los regalos*

Comienza el mes de agosto de cada año, las altas temperaturas comienzan a ceder en el hemisferio norte y es tiempo de que las maquiladoras, empresas manufactureras y los principales fabricantes de los regalos comiencen con el proceso de distribución de los productos a los principales destinos del mundo, mediante detallistas, mayoristas y minoristas; quienes con gran emoción esperan la llegada de los clientes a los distintos canales de venta

*Actividad 5. Gestión y administración de pedidos.*

Los estudios de mercado y pronósticos comienzan a ver los primeros frutos de su arduo trabajo; la demanda de productos va acorde a lo planeado, es momento de empujar con fuertes campañas de publicidad sobre los regalos que serán la nueva tendencia.

*Actividad 6. Preparación de los regalos*

Es cuestión cultural y la forma en la que se presenta el regalo crea un vínculo fuerte entre el emisor y el receptor. En empaque puede que no sea importante, sin embargo, y acorde a la publicación de Quince Yvonne, la presentación acapara la atención y genera una expectativa, normalmente alegría por la festividad y lo que se está esperando (Badouin, Yvonne. C. 1956).



Figura 3. Santa Claus y sus duendes al terminar la logística navideña. Tomada de <https://es.pngtree.com/free-backgrounds-photos/imagen-de-santa-y-duendes-pictures>

### Actividad 7. Proceso de última milla

Es momento de pasar con el distribuidor final, por lo que será de vital importancia, eso es un punto crítico de la logística ya que se deberá hacer de forma rápida y sin cometer errores.

### Actividad 8. Quejas y sugerencias

Estamos en un punto crítico del proceso, y un retraso, error de producto, producto dañado o cualquier otra situación imprevista son precursores de causar un mal rato al consumidor final, acorde a datos publicados en el 21% de los clientes tiene temor a errores en la entrega de productos (González, 2013).

### Actividad 9. Cierre y fin de temporada

El momento llegó, se tuvieron que haber cumplido una gran cantidad de expectativas, habrá quejas, reclamos y oportunidades de mejora, sin embargo, es el momento donde las empresas planean lo que sucederá con los productos que no pudieron ser comercializados. Por ejemplo, un estudio publicado por (Horcasitas, 2015) indica que productos electrónicos, dispositivos para hacer ejercicio,

bicicletas, muebles y ropa alcanzan rebajas significativas una vez que concluye la temporada navideña.

### Actividad 10. Gestión de los recursos humanos

Fue una temporada dura, hubo momentos buenos y unos que dejaron la sensación de poder mejorar, es momento en que se inicie con la planeación de los regalos de navidad para el año en curso y que Santa Claus pueda lograr el milagro nuevamente; esto sucede con las empresas, quienes debido al empeño de sus empleados pudieron lograr convertir la logística en magia navideña.

### Reflexión final

El proceso que involucra la planeación y distribución de millones de regalos en el mundo es complejo y extenso, como se describe en el presente requiere de una gran cantidad de variables a considerar y el trabajo de millones de personas que logran esbozar millones de sonrisas.

### Referencias

1. Abel G.M (2023). Los orígenes de Santa Claus, entre la historia y la metodología. Tomado de [https://historia.nationalgeographic.com.es/a/origenes-santa-claus-entre-historia-y-mitologia\\_20645](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/origenes-santa-claus-entre-historia-y-mitologia_20645)
2. B. Handwerk, (2017). De San Nicolás a Santa Claus: la sorprendente historia de papa Noel. <https://www.nationalgeographic.es/historia/2017/11/de-san-nicolas-a-santa-claus-la-sorprendente-historia-de-papa-noel>
3. Hall, C. M. (2008). Santa Claus, place branding and competition. *Fennia-international journal of geography*, 186(1), 59-67.
4. Badouin, C. (1956). Yvonne: temores relativos al parto. In *Introducción al análisis de los sueños: relato de quince casos concretos, precedido de una exposición teórica* (pp. 151-152).
5. González, R., & Guerrero, W. (2013). Seguimiento y plan de mejoramiento para los procedimientos: "control de quejas, reclamos, sugerencias y felicitaciones y tratamiento al producto o servicio no conforme" implementado en el sistema integrado de gestión de calidad de la Universidad de Nariño (Doctoral dissertation, Universidad de Nariño).
6. Horcasitas E. (2015). 5 productos que alcanzan su precio más bajo después de Navidad. *Revista Forbes México*, diciembre 23, 2015. <https://www.forbes.com.mx/5-productos-que-alcanzan-su-precio-mas-bajo-despues-de-navidad>

• Enviado: septiembre 12, 2023 • Aceptado: mayo 11, 2024

# Festividades tradicionales y turismo sostenible: El caso del Corpus Christi en Matão, São Paulo

## *Traditional Festivities and Sustainable Tourism: The Case of Corpus Christi in Matão, São Paulo*

Chess Emmanuel Briceño Núñez

Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.  
Contacto: chesspiare@gmail.com

**Resumen .** Este estudio aborda el impacto del turismo de alto impacto en la festividad del Corpus Christi en Matão, São Paulo, Brasil, analizando su contribución a la promoción de la cultura local y al desarrollo sostenible. La festividad, de carácter religioso, destaca por la creación de alfombras artesanales y procesiones religiosas, atrayendo a un creciente número de turistas nacionales e internacionales. Aunque el turismo ha generado un significativo aumento en la demanda de servicios turísticos y ha incrementado la visibilidad a nivel nacional e internacional, también ha planteado desafíos como la comercialización excesiva y la presión sobre la autenticidad de las tradiciones. En términos de beneficios, el turismo ha impulsado la economía local, contribuyendo también con la promoción de la cultura y la identidad local. Sin embargo, se identifican desafíos en relación con el equilibrio entre el turismo y la participación local, así como la preservación de las tradiciones frente a la pérdida de autenticidad cultural. La metodología del estudio utiliza un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para obtener una comprensión integral del fenómeno. Se espera que esta investigación amplíe el conocimiento sobre el impacto del turismo de alto impacto en festividades tradicionales, proporcionando recomendaciones para la gestión turística y la preservación cultural en situaciones similares. En conclusión, el estudio resalta la necesidad de estrategias equilibradas que involucren a la comunidad local, fomenten la conciencia entre los turistas y establezcan medidas de regulación para preservar la autenticidad cultural en la festividad del Corpus Christi en Matão y eventos similares.

**Palabras clave:** cultura, desarrollo sostenible, turismo cultural.

## Introducción

El turismo sostenible y la preservación de las festividades tradicionales han adquirido una importancia creciente en la agenda global, en respuesta a la necesidad de proteger el patrimonio cultural y promover prácticas turísticas responsables. En este contexto, el presente caso de estudio se centra en el caso de la celebración del Corpus Christi en Matão, São Paulo, Brasil, con el objetivo de analizar el impacto del turismo en esta festividad tradicional y religiosa, y explorar su potencial para promover la cultura local y el desarrollo sostenible.

La festividad del Corpus Christi, ha sido un pilar de la identidad local durante generaciones, por lo que la elección de estudiar el Corpus Christi en Matão se basa en varios factores que hacen de esta festividad un caso relevante para examinar el impacto del turismo y su relación con la preservación cultural. En primer lugar, Matão cuenta con una larga y entrañable tradición en la celebración del Corpus Christi, lo que proporciona una base sólida para analizar cómo las prácticas culturales arraigadas interactúan con el turismo contemporáneo. Además, la ciudad ha experimentado un crecimiento notable en la afluencia de turistas durante la festividad en los últimos años, lo que ofrece la oportunidad de estudiar de cerca los desafíos y beneficios que surgen de esta dinámica.

Además, la ubicación geográfica de Matão, en el corazón del estado de São Paulo, la convierte en un punto estratégico para examinar cómo las festividades tradicionales pueden contribuir al desarrollo sostenible en áreas urbanas y rurales. La combinación de elementos religiosos y culturales en esta celebración proporciona un contexto único para explorar cómo estas festividades pueden ser gestionadas de manera sostenible, preservando al mismo tiempo su autenticidad y valor cultural.

Matão es un municipio brasileño ubicado en el estado de São Paulo, en la región sudeste de Brasil. Se encuentra aproximadamente a 290

**Abstract.** This study addresses the impact of high-impact tourism on the Corpus Christi festival in Matão, São Paulo, Brazil, analyzing its contribution to the promotion of local culture and sustainable development. The festivity, of a religious nature, stands out for the creation of handmade carpets and religious processions, attracting an increasing number of national and international tourists. Although tourism has generated a significant increase in demand for tourism services and increased visibility nationally and internationally, it has also posed challenges such as over-commercialization and pressure on the authenticity of traditions. In terms of benefits, tourism has boosted the local economy, also contributing to the promotion of local culture and identity. However, challenges are identified in relation to the balance between tourism and local participation, as well as the preservation of traditions versus the loss of cultural authenticity. The methodology of the study uses a mixed approach, combining qualitative and quantitative methods to obtain a comprehensive understanding of the phenomenon. It is hoped that this research will expand knowledge on the impact of high-impact tourism on traditional festivities, providing recommendations for tourism management and cultural preservation in similar situations. In conclusion, the study highlights the need for balanced strategies that involve the local community, foster awareness among tourists, and establish regulatory measures to preserve cultural authenticity in the Corpus Christi festivity in Matão and similar events

**Key words:** culture, sustainable development, cultural tourism.

kilómetros al noroeste de la ciudad de São Paulo, la capital del estado. Con una población de alrededor de 90,000 habitantes, Matão es conocido por su economía diversificada, que incluye sectores como la agricultura, la industria textil y la producción de muebles.

La ciudad se caracteriza por su ubicación estratégica en la región central de São Paulo, lo que la convierte en un centro comercial y de servicios para las ciudades circundantes. Además, Matão cuenta con una rica historia cultural y tradiciones arraigadas, lo que la hace propicia para estudios sobre festividades tradicionales y su impacto en la comunidad local.

La festividad del Corpus Christi en Matão se caracteriza por la elaboración de alfombras artesanales y procesiones religiosas, que atraen a un número creciente de turistas nacionales e internacionales (Ver Figura 1). Sin embargo, existe una brecha en la literatura científica sobre el impacto específico del turismo en esta festividad y su relación con la preservación de las tradiciones y la promoción de la cultura local. Por lo tanto, este estudio busca llenar ese vacío investigando el caso del Corpus Christi en Matão y proporcionando una comprensión más profunda de los beneficios y desafíos asociados con el turismo en esta festividad.

Hasta la fecha, se han realizado investigaciones limitadas sobre el tema, lo que destaca la necesidad de un

análisis más detallado. Algunos estudios han abordado el turismo religioso y cultural en Brasil, pero pocos se han centrado específicamente en la festividad del Corpus Christi en Matão. Por lo tanto, este estudio busca contribuir al cuerpo de conocimientos existente al proporcionar una investigación exhaustiva y actualizada sobre el tema.

En consonancia con lo anterior, los objetivos de este estudio son: 1) analizar el efecto del turismo de alto impacto en la festividad del Corpus Christi en Matão, 2) evaluar los beneficios y desafíos asociados con el turismo en esta festividad, y 3) explorar la percepción de la comunidad local con respecto al turismo y la preservación de las tradiciones culturales. Al abordar estos objetivos, este estudio espera generar información relevante y práctica que pueda ser utilizada por las autoridades locales, los actores turísticos y la comunidad en general para promover un turismo sostenible y responsable en la festividad del Corpus Christi en Matão, así como en otras festividades similares.

## Fundamentación teórica

El presente estudio se basa en una revisión profunda del tema del turismo sostenible y las festividades tradicionales, centrándose en el caso específico de la celebración del Corpus Christi en Matão, São Paulo, Brasil. A continuación se presenta una síntesis de las aproximaciones teóricas existentes sobre el tema y se identifica



Figura 1. La Fiesta del Corpus Christi en Matão, Brasil (fotografía de Chess Briceño).

la laguna teórica que motiva este estudio.

El turismo sostenible se ha convertido en un enfoque importante en la gestión turística, que busca equilibrar los aspectos económicos, sociales y ambientales del turismo para asegurar un desarrollo sostenible a largo plazo. Diversos estudios (Alava, 2021; Colmenares, Hernández y Silva, 2020; Mori, Ramírez, García e Ishuiza, 2022) han destacado los beneficios del turismo sostenible, como la conservación del patrimonio cultural, la generación de empleo y el impulso económico local. Estos enfoques teóricos proporcionan un marco conceptual sólido para comprender los aspectos positivos que el turismo puede aportar a las festividades tradicionales como el Corpus Christi. Sin embargo, existe una laguna teórica en cuanto a la comprensión del impacto específico del turismo en las festividades tradicionales y la promoción de la cultura local. Aunque se han realizado investigaciones sobre el turismo religioso y cultural en Brasil, se requiere una mayor investigación enfocada en festividades específicas como el Corpus Christi en Matão. Esta laguna teórica justifica la necesidad de este estudio para llenar el vacío de

conocimiento existente y proporcionar una comprensión más profunda de cómo el turismo afecta a esta festividad y a la comunidad local.

Además, se debe considerar el concepto de autenticidad cultural en el contexto de las festividades tradicionales. La autenticidad cultural se refiere a la preservación y valorización de las tradiciones y expresiones culturales únicas de una comunidad. Sin embargo, tal y como lo propone Fernández y Guzmán (2002) el turismo de alto impacto puede plantear desafíos para la autenticidad cultural, como la comercialización excesiva, la influencia de las demandas turísticas y la pérdida de autenticidad en la representación de las tradiciones. Esta tensión entre el turismo y la autenticidad cultural plantea interrogantes sobre cómo gestionar el turismo en festividades tradicionales para preservar la autenticidad y garantizar el beneficio a la comunidad local.

### Turismo sostenible

El turismo sostenible es un enfoque fundamental en la actualidad, que busca conciliar el desarrollo turístico con la conservación del medio

ambiente, el respeto a la cultura local y el beneficio socioeconómico de las comunidades anfitrionas. Plua-Parrales (2020) propone que este modelo se basa en la idea de que el turismo puede ser una fuerza positiva para el cambio, si se gestiona adecuadamente y se consideran los impactos a largo plazo.

El turismo sostenible se centra en la conservación del medio ambiente. Santiago-Escobar (2019) reconoce que los destinos turísticos dependen de sus recursos naturales y que es crucial protegerlos para garantizar la viabilidad a largo plazo de la industria turística. Esto implica la adopción de prácticas respetuosas con el medio ambiente, como el uso eficiente de la energía y el agua, la gestión adecuada de los residuos y la promoción de la biodiversidad. Además, el turismo sostenible fomenta la sensibilización y educación ambiental tanto para los turistas como para las comunidades locales, promoviendo un mayor compromiso con la protección de los ecosistemas.

De la misma forma Alcivar y Garcia (2023) sostienen que el turismo sostenible busca el desarrollo socioeconómico de las comunidades anfitrionas. Esto implica la generación

de empleo local, la promoción de la inclusión social y la distribución equitativa de los beneficios económicos. En lugar de depender únicamente de grandes empresas internacionales, el turismo sostenible fomenta la participación de las pequeñas y medianas empresas locales, así como la valorización de la cultura y las tradiciones locales. Al fortalecer la economía local, el turismo sostenible contribuye al bienestar de las comunidades y a la reducción de la pobreza.

Asimismo, el turismo sostenible respeta y valora la cultura local. Amador-Mercado (2021) reconoce que cada destino turístico tiene una identidad cultural única que debe preservarse y promoverse. Esto implica evitar la homogeneización cultural y la pérdida de autenticidad en favor de experiencias turísticas auténticas y significativas. El turismo sostenible fomenta el diálogo intercultural, el intercambio de conocimientos y el respeto mutuo entre los turistas y las comunidades locales. Además, se esfuerza por minimizar los impactos negativos del turismo en la cultura local, como la explotación cultural y la mercantilización excesiva.

Por lo tanto, el turismo sostenible es un enfoque que busca el equilibrio entre el desarrollo turístico, la conservación del medio ambiente, el beneficio socioeconómico de las comunidades locales y la preservación de la cultura. A través de prácticas responsables, el turismo sostenible puede tener un impacto positivo en los destinos, promoviendo la protección del medio ambiente, el desarrollo económico local y el enriquecimiento cultural. Para lograrlo, es esencial la colaboración entre los diferentes actores involucrados, incluyendo los gobiernos, las empresas turísticas, las comunidades locales y los propios turistas. Solo a través de un enfoque integral y comprometido se puede lograr un turismo sostenible que beneficie a todos los involucrados y garantice un futuro próspero para los destinos turísticos.

### **Autenticidad cultural**

La autenticidad cultural es un concepto fundamental en el ámbito del

turismo y la preservación de las tradiciones locales. En un mundo cada vez más globalizado, donde las influencias culturales se entrelazan y se diluyen, la autenticidad cultural se convierte en un valor importante para las comunidades y los viajeros que buscan experiencias auténticas y significativas. Gómez Consuegra y Pérez Justo (2011) apoyan la idea que la autenticidad cultural se refiere a la preservación y valorización de las expresiones culturales únicas de una comunidad. Estas expresiones pueden manifestarse a través de la música, la danza, la gastronomía, las artesanías y las festividades tradicionales. Cada cultura tiene su propia historia, creencias, valores y prácticas que la distinguen y le otorgan una identidad única.

En el contexto del turismo, la autenticidad cultural se convierte en un aspecto fundamental para ofrecer experiencias enriquecedoras tanto para los viajeros como para las comunidades locales. Los turistas buscan cada vez más sumergirse en la cultura local, conocer sus tradiciones y conectarse con las personas que la mantienen viva. La autenticidad cultural proporciona a los turistas una sensación de descubrimiento, conexión emocional y respeto por las culturas visitadas. Sin embargo, preservar la autenticidad cultural en el contexto del turismo puede presentar desafíos. El aumento de la demanda turística puede llevar a una comercialización excesiva de las tradiciones, donde se pierde la esencia original y se convierten en productos para consumo masivo. Esto puede generar una pérdida de autenticidad y una banalización de las prácticas culturales.

Además, la influencia del turismo puede afectar la forma en que las comunidades viven y practican su cultura. Las presiones económicas y las expectativas de los turistas pueden llevar a cambios en las tradiciones, adaptándolas a los gustos y demandas de los visitantes. En algunos casos, esto puede conducir a una pérdida de la autenticidad y a una representación estereotipada de la cultura local. Por lo tanto, es crucial encontrar un equilibrio entre el turismo y la preservación de la

autenticidad cultural. Esto implica promover prácticas turísticas responsables que respeten y valoren las tradiciones locales. La participación activa de las comunidades en la planificación y gestión del turismo es fundamental para asegurar que se mantenga la autenticidad cultural y se evite la explotación y la pérdida de identidad.

### **Metodología**

En este estudio se ha utilizado un enfoque mixto que combina métodos cuantitativos y cualitativos. El objetivo es obtener una visión integral de los efectos del turismo en la autenticidad cultural, considerando los desafíos de la comercialización excesiva y las demandas turísticas, así como las estrategias para preservar la autenticidad. El tipo de investigación es principalmente descriptiva y exploratoria, se busca describir y comprender la situación actual de la festividad en relación con el turismo, así como explorar las percepciones y experiencias de los diferentes actores involucrados. Además, se pretende identificar estrategias para preservar la autenticidad cultural en este contexto.

El diseño utilizado es transversal, lo que implica que los datos se recolectarán en un solo momento, permitiendo un análisis del impacto actual del turismo en la festividad. Se realizará un estudio fenomenológico para capturar las experiencias subjetivas y las percepciones de los participantes en relación con la autenticidad cultural.

La población de estudio incluye a diferentes grupos de interés, como miembros de la comunidad local, organizadores de la festividad, turistas y comerciantes. La muestra se seleccionó de manera intencional para garantizar la representatividad de las diferentes perspectivas. El sistema de muestreo fue no probabilístico, utilizando criterios como la participación activa en la festividad y la diversidad de roles y experiencias.

En cuanto a las técnicas de recolección de datos, se emplearon diversas estrategias. Para recopilar datos cuantitativos, se utilizaron

encuestas estructuradas que se administraron a los turistas durante la festividad. Esto permitió obtener información sobre su perfil, comportamiento y percepciones relacionadas con la autenticidad cultural. En el enfoque cualitativo, se llevaron a cabo entrevistas en profundidad con miembros de la comunidad local y organizadores de la festividad, buscando comprender sus experiencias, opiniones y estrategias para preservar la autenticidad cultural. Además, se realizó una observación participante durante la festividad y se realizó una revisión documental para complementar los datos recopilados.

Se consideraron aspectos éticos, asegurando la confidencialidad y el consentimiento informado de los participantes. Se respetarán los principios de privacidad y se garantizará el manejo adecuado de la información recopilada. Los criterios de inclusión se basaron en la participación activa en la festividad, mientras que los criterios de exclusión incluyeron aquellos individuos que no desearon participar o que no cumplían con los criterios de selección establecidos. En términos de limitaciones, se reconoció que la muestra pudo estar sujeta a sesgos debido a la naturaleza no probabilística

del muestreo. Además, la interpretación de la autenticidad cultural puede ser subjetiva y estar influenciada por factores individuales y contextuales. Estas limitaciones se abordaron con precaución en el análisis y la interpretación de los resultados.

La metodología utilizada se enmarca perfectamente en el logro de los objetivos planteados en este estudio. Para el primer objetivo de analizar el impacto del turismo de alto impacto en la festividad del Corpus Christi en Matão, se utilizaron técnicas de recolección de datos cuantitativos, como encuestas estructuradas, para obtener información sobre el número de turistas, su comportamiento y sus percepciones relacionadas con la festividad. Esto permitió evaluar de manera objetiva el impacto cuantitativo del turismo en términos de aumento de la demanda de servicios turísticos y visibilidad a nivel nacional e internacional.

Para el segundo objetivo de evaluar los beneficios y desafíos asociados con el turismo en esta festividad, se utilizó una combinación de datos cuantitativos y cualitativos. Las encuestas estructuradas permitieron identificar los beneficios económicos

generados por el turismo, como el impulso al sector turístico y la generación de ingresos para los comerciantes locales. Las entrevistas en profundidad y la observación participante ayudarán a comprender de manera más completa los desafíos, como la comercialización excesiva y la presión sobre la preservación de las tradiciones auténticas.

Para el tercer objetivo de explorar la percepción de la comunidad local con respecto al turismo y la preservación de las tradiciones culturales, se utilizaron principalmente técnicas cualitativas. Las entrevistas en profundidad permitieron recopilar las opiniones, experiencias y estrategias de los miembros de la comunidad local y los organizadores de la festividad. Esto ayudó a obtener una comprensión más subjetiva y enriquecedora de cómo la comunidad percibe el impacto del turismo en la autenticidad cultural y cómo se abordan los desafíos identificados.

## Resultados y Discusión

Los datos cuantitativos y cualitativos ofrecen una comprensión más completa del impacto del turismo en la festividad del Corpus Christi en Matão, destacando tanto los beneficios económicos como los desafíos asociados con el desarrollo turístico en esta comunidad. A continuación, se detallan los datos y la información recabados.

**Resultados Cuantitativos:** Al tratarse de un estudio mixto, se presentan en primer lugar, resultados cuantitativos que dan cuenta del impacto de las festividades tradicionales sobre el turismo sostenible.

Al acudir tanto a la comisión organizadora de la festividad, así como a la Prefectura Municipal (Alcaldía) se encontró que hubo un aumento del 30% en el número de turistas en comparación con el año anterior, alcanzando un total de 10,000 visitantes durante los días festivos.

En términos de incremento en la demanda de servicios turísticos, se observó un aumento del 25% en la



Figura 2. Artistas locales manifiestan su cultura, devoción y fe mediante la elaboración de alfombras artesanales (fotografía de Chess Briceño).

ocupación hotelera y un incremento del 40% en las ventas de restaurantes y comercios locales.

Los ingresos generados por el turismo durante la festividad estiman en alrededor de 25% de ganancias netas con respecto al año anterior.

Los beneficios económicos del turismo fueron evidentes, con un impacto positivo en la generación de empleo y el aumento de los ingresos para los residentes locales. Se estima que la festividad generó alrededor de 200 empleos temporales y contribuyó significativamente al desarrollo económico de la región.

Sin embargo, se identificaron desafíos relacionados con la preservación de la autenticidad cultural y el equilibrio entre el desarrollo turístico y la conservación de las tradiciones locales. El 49% de los participantes indicó que la comercialización excesiva y la influencia de las demandas turísticas han generado preocupación entre algunos miembros de la comunidad en cuanto a la pérdida de la identidad cultural y la descaracterización de la festividad.

**Resultados Cualitativos:** En segundo lugar, se tienen los resultados cualitativos orientados a proporcionar una visión integral del impacto del turismo en la autenticidad cultural de la festividad del Corpus Christi en Matão. A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes de acuerdo con los objetivos planteados:

**Efecto en el turismo de alto impacto:** Se observó un incremento significativo en la demanda de servicios turísticos durante la festividad del Corpus Christi en Matão. El número de turistas que visitaron la ciudad aumentó considerablemente, lo que generó un impacto económico positivo para la comunidad local. Sin embargo, este aumento en la afluencia turística también planteó desafíos en términos de manejo de la infraestructura, la comercialización excesiva y la preservación de las tradiciones auténticas.

**Beneficios y desafíos asociados con el turismo:** Los beneficios

económicos del turismo fueron evidentes, ya que el sector turístico experimentó un impulso significativo durante la festividad. Los comerciantes formales e informales se beneficiaron de los ingresos generados por la venta de productos y servicios relacionados con la festividad. Sin embargo, la comercialización excesiva y la influencia de las demandas turísticas han generado preocupación en cuanto a la pérdida de autenticidad cultural y la preservación de las tradiciones auténticas.

#### **Percepción de la comunidad local:**

La comunidad local mostró una actitud mixta hacia el turismo y su impacto en la festividad del Corpus Christi. Algunos miembros de la comunidad valoraron los beneficios económicos y la promoción de la cultura local que el turismo ha brindado. Sin embargo, también expresaron preocupación por la preservación de las tradiciones auténticas y el equilibrio entre el turismo y la participación local en la festividad. La comunidad reconoce la importancia de mantener viva su identidad cultural y busca estrategias para preservarla en medio del flujo turístico.

De igual manera los informantes manifestaron que el turismo puede tener un impacto significativo en la autenticidad cultural de la festividad del Corpus Christi en Matão. A medida que aumenta la afluencia de turistas, surgen desafíos relacionados con la comercialización excesiva, la influencia de las demandas turísticas y la preservación de la autenticidad. Es importante abordar estos desafíos para garantizar que la festividad conserve su esencia y valor cultural.

La comercialización excesiva es un desafío común en festividades tradicionales. Cuando el turismo se convierte en una industria en crecimiento, puede surgir la tentación de comercializar excesivamente la festividad para satisfacer las expectativas de los visitantes. Esto puede llevar a la estandarización de las prácticas, la producción en masa de productos artesanales y la superficialidad en la representación de

la festividad. Como resultado, se puede perder la autenticidad cultural y la festividad puede convertirse en una atracción turística genérica en lugar de una expresión auténtica de la comunidad local.

La influencia de las demandas turísticas también puede afectar la autenticidad cultural de la festividad del Corpus Christi. A medida que aumenta el número de visitantes, puede surgir la presión para adaptar la festividad a los gustos y expectativas de los turistas. Esto puede implicar cambios en las prácticas tradicionales, como simplificar los rituales o hacerlos más visuales y entretenidos para atraer a un público más amplio. Si no se maneja con cuidado, esta adaptación puede llevar a una pérdida de la autenticidad y descaracterización de la festividad.

Para preservar la autenticidad cultural en el contexto del turismo en la festividad del Corpus Christi en Matão, se requieren estrategias efectivas. Una de ellas es promover la participación activa de la comunidad local en la planificación y organización de la festividad. Al involucrar a las personas que viven la tradición, se asegura que las prácticas se mantengan arraigadas en la cultura local y se evite una excesiva influencia externa.

Asimismo, los participantes expresaron que es importante fomentar la conciencia entre los turistas sobre la importancia de respetar la autenticidad cultural (Ver Figura 2). Esto se puede lograr a través de la educación y la sensibilización, brindando información sobre las tradiciones y la historia de la festividad, así como promoviendo conductas responsables y respetuosas durante su participación en la celebración. Además, es fundamental establecer medidas de regulación y control que eviten la comercialización excesiva y la producción en masa de productos relacionados con la festividad. Estas medidas pueden incluir la promoción de productos artesanales auténticos, el establecimiento de límites en la venta de souvenirs y la implementación de políticas que protejan la propiedad intelectual de las expresiones culturales asociadas a la festividad.

Estos hallazgos son consistentes con la literatura existente sobre el turismo y la autenticidad cultural. La comercialización excesiva y la presión sobre las tradiciones auténticas son desafíos comunes en destinos turísticos que experimentan un aumento en la demanda. Sin embargo, también se destaca la importancia de involucrar a la comunidad local en la toma de decisiones y en la preservación de su identidad cultural. Es importante destacar que este estudio tiene limitaciones en cuanto a la representatividad de la muestra y la generalización de los resultados. Además, se sugiere realizar investigaciones futuras para evaluar el impacto a largo plazo del turismo en la autenticidad cultural de la festividad del Corpus Christi en Matão.

### Conclusiones

Este estudio ha arrojado nueva información sobre el impacto del turismo en la autenticidad cultural de la festividad del Corpus Christi en Matão. A partir de los resultados obtenidos y la discusión realizada, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

El turismo de alto impacto ha generado beneficios económicos significativos para la comunidad local durante la festividad del Corpus Christi en Matão. El aumento en la demanda de servicios turísticos ha impulsado el sector turístico y ha generado ingresos para los comerciantes locales. Sin embargo, este incremento turístico también ha planteado desafíos en cuanto a la preservación de la autenticidad cultural. La comercialización excesiva y la influencia de las demandas turísticas han generado preocupación por la pérdida de tradiciones auténticas y la preservación de la identidad cultural de Matão.

La comunidad local tiene una percepción mixta hacia el turismo. Reconocen los beneficios económicos y la promoción de la cultura local, pero también expresan preocupación por la preservación de las tradiciones auténticas y la participación activa de la comunidad en la festividad.

Es necesario encontrar un equilibrio entre el turismo y la preservación de la autenticidad cultural. Se deben implementar estrategias que permitan mantener vivas las tradiciones auténticas, involucrando a la comunidad local en la toma de decisiones y promoviendo la participación activa en la festividad.

Es importante destacar que este estudio tiene limitaciones, como la representatividad de la muestra y la generalización de los resultados. Se sugiere realizar investigaciones futuras que evalúen el impacto a largo plazo del turismo en la autenticidad cultural de la festividad del Corpus Christi en Matão.

De manera que, este estudio ha demostrado que el turismo puede tener tanto beneficios económicos como desafíos en la preservación de la autenticidad cultural. Es esencial implementar estrategias adecuadas para garantizar la sostenibilidad cultural de la festividad, involucrando a la comunidad local y encontrando un equilibrio entre el turismo y la preservación de las tradiciones auténticas. Solo a través de acciones concertadas se podrá garantizar la continuidad y la autenticidad de la festividad del Corpus Christi en Matão, São Paulo.

### Referencias

Alava Naranjo, F. O. (2021). *Promoción turística para el desarrollo del turismo sostenible en el cantón El Empalme, año 2020* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2021). <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/10171>

Alcívar, M. J. M., y García, J. A. M. (2023). El turismo sostenible y su impacto sociocultural en la comuna agua dulce, Jipijapa-Manabí-Ecuador. *Domino de las Ciencias*, 9(3), 919-933. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3321>

Amador-Mercado, C. Y. (2021). Dimensiones del Turismo Sostenible. *Vida Científica Boletín*

*Científico de la Escuela Preparatoria No. 4*, 9(18), 33-34. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/article/view/7602>

Barros Pinto, F. A. (2021). Alcances del turismo sostenible: un análisis cualitativo de las experiencias de dos comunidades en Ecuador. *Siembra*, 8(1). <https://revista.digital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/2414>

Colmenares, L. A. C., Hernández, G. N. D., y Silva, A. K. L. (2020). Turismo Sostenible: una aproximación conceptual. *Revista CONVICCIO NES*, 7(14), 89-96. Disponible en: <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/convicciones/article/view/665>

Fernández, G., y Guzmán Ramos, A. (2002). Turismo, patrimonio cultural y desarrollo sustentable. *Caminhos de geografia*, 3(7), 1. <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15297>

Gómez Consuegra, L., y Pérez Justo, K. (2011). Reflexiones sobre patrimonio cultural. Lo inmaterial del centro histórico de Camagüey, patrimonio mundial. *Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural-Journal of Cultural Heritage Studies*, 24(2), 260-275. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1657-97632011000200010&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1657-97632011000200010&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

Mori Huaman, M., Ramírez Pepe, O. M., García Rivas Plata, C. E., y Ishuiza Tapullima, R. (2022). Turismo sostenible teniendo como base la evaluación de geositos. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(3),

<https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2858>

Plua-Parrales, N. V. (2020). El turismo sostenible en Ecuador. Un análisis desde la jurisdicción ecuatoriana. *Polo del Conocimiento*, 5(9), 1103-1117.

Santiago Escobar, D. M. *Turismo sostenible y desarrollo: análisis del desarrollo turístico sostenible colombiano mediante el estudio de la efectividad de los programas de asistencia al desarrollo como modelos de ayuda a la sostenibilidad local* (Tesis Doctoral. Universitat de Girona). <https://dugi-doc.udg.edu/handle/10256/16759>

# Aspirinas para el alma

## *“El dolor de un abrazo en silencio”*

*El silencio es la rutina de muchos que les cuesta hablar*

*De lo que es en sí, pero a veces*

*Las palabras no existen para los que entienden*

*Que los lamentos y el dolor*

*Se describen con solo verlos.*

*El dolor de una persona se esconde bajo una sonrisa*

*Pero habrá un día en que ni el mejor actor*

*Pueda sonreír con todo el dolor que siente dentro*

*Un abrazo es un símbolo de afecto*

*Pero el sentimiento*

*Que sientes por la persona que amas*

*Es una sensación que no se puede describir*

### **José Ángel Guerrero Figueroa**

Moreliano de 14 años de edad. Estudiante de su último año de Educación Secundaria y próximo aspirante a educación media superior. En sus tiempos libres se dedica a la escritura y a la música, toca su propia guitarra. También es deportista, practica el volley ball además de colaborar en un negocio familiar donde venden tacos, los más ricos de la ciudad.

Fotografía de  
**Luis Angel Quiroz**

# La mujer de la camilla

(cuento)

*Dedicado especialmente para aquellos que escriben sus memorias en nubes y la oscuridad de la noche las borra.*

**Había una vez...**

En los pasillos de la clínica psiquiátrica de mi ciudad, las voces ya no se escuchan. Quienes toman la palabra son aquellos que están vestidos de blanco. Las risas de quienes duermen cuando el sol brilla, y que mantienen sus ojos abiertos durante el sereno de la noche, han dejado de existir.

Sus miradas perplejas se conectan en la soledad, a la espera de un último latido, mientras los camilleros y los que se visten de blanco, murmuran entre ellos. Pero en la última camilla junto a la pared, hay una mujer delgada, con mirada triste, cabello largo de color oscuro, tan pálida que las venas se traslucen en su piel delgada, y aprovecha el tiempo mirando a la ventana. Allí donde su imaginación la procura, no pierde la esperanza de encontrar respuestas. Sus voces (*suspiros*- como ella les llama), no cesan, aun cuando la máquina "quitasuspiros" que descarga electricidad en su sien continúa incansables veces cada día; aun cuando uno de los que se viste de blanco le receta más gramaje. Los suspiros siguen, a veces no son tan malos, pero hay días donde sí lo son. La mujer de la camilla dice que los suspiros llegan para nutrirle el alma; aquella alma que le han robado y le ha dejado un cascarrón llamado cuerpo.

Así, la mujer de la camilla, se pregunta y se responde bajo la pequeña luz lunar. Las respuestas tienen ecos de risas y burlas cuando se las platica al que se viste de blanco. Confundida vuelve, para permanecer un momento más mirando por la ventana. A veces intenta quitarle las horas al día, pero esto fracasa cuando vuelve uno de los que se viste de blanco para atarla de brazos y piernas y nuevamente

robarle sus suspiros. Los suspiros se van junto con los minutos y los días del calendario. Al mismo tiempo queda el cascarrón, ese que duele, que se estremece y que le recuerda que ya no tiene nombre, solamente un número en un expediente grueso que mes con mes se vuelve más choncho.

La mujer de la camilla es aquella que reza, duerme y ríe cuando nadie la ve. Que ha borrado su pasado, que escribe el presente y el futuro en las nubes del cielo. Cada mes tiene una cita desoladora con otro de los que se visten de blanco. Él, ha dejado de escucharla. Busca su número, toma el expediente choncho, lo repasa de reojo, sin mirar por un minuto a la mujer de la camilla. *-Más gramaje-* nuevamente escribe eso en el expediente con tinta negra, llamando a los camilleros para que la lleven bajo la ventana del cuarto.

Un día más que ha quedado escrito en las nubes. Por las noches las nubes no se ven con claridad, permitiendo que lleguen los suspiros a su cuerpo. Allí no hay recuerdos, allí no hay nubes para escribir, solamente hay suspiros que nutren su alma. La mujer de la camilla ha perdido la cuenta del tiempo. Dicen en los pasillos que tiene más de 7 años bajo la ventana, pero ella no está muy segura de eso, porque ya ha perdido la cuenta.

Hace tiempo le llegó un suspiro. Al principio se parecía a un pensamiento: difuso, confuso y sutil pero misterioso. El suspiro le decía secretos, que no podía contar a nadie, porque un secreto no se cuenta, como el tiempo de la mujer de la camilla que no tiene cuenta. Ella vivía cada día con un secreto que más bien parecía una pesadumbre estrujada. Un día común y de lo más normal en su vida consistía en despertar de su camilla. La camilla era una base de cemento. En aquellos sitios cuidaban mucho esos detalles, por eso la base



Pasillos psiquiátricos, solitarios. <https://www.pexels.com>



Ventana circular, la entrada de la luz lunar. <https://www.pexels.com>



Caballito de un tiovivo. <https://www.pexels.com>

de cemento se encontraba adherida al suelo, para que no pudiera moverse y hacerse daño o hacer daño a otros. Sobre la base había una especie de colchoneta, tan delgada que la dureza y el frío del cemento se traspasaba, y una manta, con la cual podía cubrir solamente 80 centímetros de su cuerpo.

No había ningún tipo de comodidad, ni siquiera las básicas, como almohadas o burós, solamente 16 bases de cemento, cada una con un espacio de 40 centímetros entre base y base. La mujer de la camilla tenía la base de su cama haciendo vértice con la pared. Esta mujer, que era la persona con más antigüedad, podía darse esos pequeños lujos y quedarse en esa camilla, ya que, en lo más alto de esas largas paredes, había una pequeña ventana en forma circular, que solamente podía apreciar durante la noche, porque durante el día tenía por obligación ejercitarse y realizar actividades.

El ejercicio consistía en caminar en círculos por el jardín seco, terroso, sin plantas. En ocasiones, la mujer de la camilla imaginaba ser un caballito de un tiovivo de aquellas ferias infantiles, eso aminoraba lo monótono y aburrido que era caminar cada día el mismo lugar, el mismo paisaje, las mismas personas, todo exactamente igual. Una de las actividades era dibujar con crayolas desgastadas sobre una hoja sucia lo que las personas que se visten de blanco le indicaran. Otra actividad era platicar simplemente con los demás compañeros. Por supuesto que todo eso se realizaba bajo la supervisión de las personas que se visten de blanco

(pequeños cebollines como les llamaban los internos), porque su principal función era hacerlos llorar.

Cuando empezaba el sol a decaer dando la bienvenida al ocaso, los que se visten de blanco anunciaban el momento para abandonar el jardín seco. Aquella clínica no tenía seguridad, por esa razón no podían vigilar durante la ausencia de luz a cada persona, así que se les hacía más sencillo mantenerlos alejados del jardín. Todo ello se repetía hora a hora, día con día, semana con semana, mes con mes, y año con año.

Ella nunca sabía cuál era la hora exacta, solamente suponía el tiempo guiándose por la luz o por la ausencia de luz. Intentaba mantener en sus recuerdos a sus seres queridos, pues ellos no habían sido escritos en nubes, ellos no se habían difuminado, ellos permanecían fielmente en su memoria. La última vez que los vio fue un día lluvioso de verano, que tenía un particular aroma a petricor. Como es bien sabido, el sentido del olfato alberga más de un billón de olores, y tiene una memoria espectacular, siendo capaz de hacernos sentir que nos trasladamos en el tiempo.

Aquel día fue dejada en la clínica con la promesa de que saldría en un par de semanas, por esa razón perdió la cuenta de los días. Uno de los que se viste de blanco tiene viéndola más de un par de semanas, lo más probable es que ya hayan pasado años. Sin embargo, esa promesa la preserva, por eso cuando pasa el mes y va con el que se viste de blanco, le menciona que ellos vendrán por ella y la llevarán de vuelta a casa, aunque el presente indique lo contrario.

No habla mucho, porque dice que cuando habla los suspiros salen por sus palabras y eso la debilita un poco, es así que prefiere no decir palabras. Los demás pacientes hablan mucho, algunos gritan o lloran, otros dicen palabras que no tienen sentido. Pero ella guarda sus palabras. Los que se visten de blanco la han olvidado, ni siquiera saben su nombre porque ni siquiera han leído su voluminoso expediente. Solamente tienen contacto con ella para llevarla a la máquina quita-suspiros.

### La máquina quita-suspiros

Dicen que a los “locos” ya no se les trata como antes, que ya no se les ata de brazos y piernas, ni tampoco se les pone la famosa camisa de fuerza en una habitación acolchonada. Pero, a la mujer de la camilla, sí que la atan para llevarla a la terapia electroconvulsiva. Ella no sabe bien la razón del uso de aquella máquina quita-suspiros, aunque siempre le deja una laguna mental, le borra su memoria, la deja mareada y nauseabunda por un par de días.

A pesar de todo eso, nunca pone resistencia para ir, aunque siempre la atan de piernas y brazos y le pongan una especie de pañuelo dentro de la boca. Ella recibe su terapia, y el que se viste de blanco como cada mes, la convoca a una especie de interrogatorio, aunque más bien ella se considera un espectáculo ante él, porque sabe perfectamente que jamás la han escuchado.

No se malentienda la situación, el que se viste de blanco la escucha, pero no le importan sus palabras. Ella redonda en una misma frase – *ellos vendrán*-, que más bien se ha convertido en pregunta. El que se viste de blanco responde con un ligero –*¿sí?*-, que no se escucha como una afirmación, sino como con desdén. Por más que se someta una y otra vez a la maquina quita-suspiros, ella no cesa de preguntar y mantener en su memoria a su familia. Por esa razón, por esa pregunta y esas palabras, la terapia electroconvulsiva continúa para ella.

Sus compañeros de la clínica recuerdan cuando la mujer de la camilla ingresó a ese lugar. Al parecer dicen que ella reía y hablaba con fluidez, pero con el paso de los días, semanas y meses, su rostro dejó de sonreír. Las arrugas se empezaron a marcar en su delgada piel blanca. Sus palabras eran nulas y su mirada parecía perdida en la melancolía interminable.

La mujer de la camilla tenía una historia, guardada en lo más profundo de su memoria. Una vez se la contó a uno de los que se viste de blanco, una sola vez. Ella decía que esos suspiros eran parte de su historia, desbaratada, desmenuzada y deformada. Tan deformada que, en algunos momentos, dudaba de esas memorias, a pesar de que en su piel se marcaba su propia historia. La piel alberga recuerdos. En los días lluviosos, cuando las nubes no permiten que los rayos solares entren, su piel le recordaba los abrazos cálidos que su madre le dio cuando era tan solo una niña, la sensación de

jamás sentirse en peligro y de saber que existía. Ahora, su piel le recordaba que estaba en la camilla debajo de aquella ventana circular. Sus muñecas tenían rojeces, producto de aquellos jalones que le hacían los que se visten de blanco, al llevarla a la maquina quita-suspiros. El reflejo del espejo solamente le permitía ver un poco de su cabello y sus clavículas, cada vez más sobresalientes.

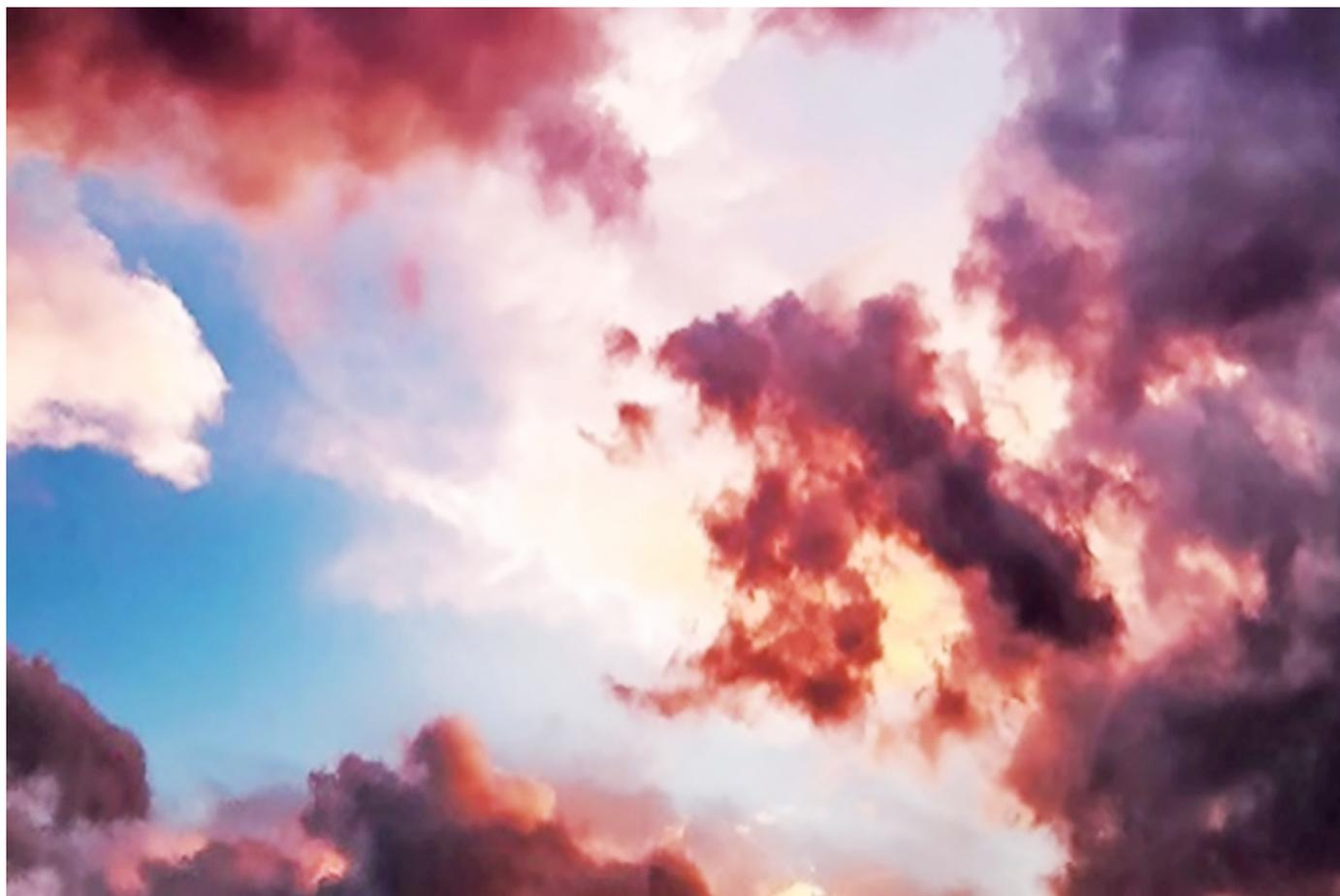
La mujer de la camilla, aquella que vive feliz en su imaginación, la que tiene recuerdos que a veces se van borrando. La que sonrió, amó, soñó, la que jugó bajo la lluvia, y contempló el cielo buscando figuras en las nubes, aquella que se ha convertido en un simple expediente voluminoso de aquella institución. Quizá, si alguno de los que se viste de blanco la escuchara con sus oídos y no con un lapicero que escribe y rellena historiales clínicos. Si tan solo le abrazaran con el alma, la observarían por un minuto y le hablarán como el ser humano que es. Quizá, la mujer de la camilla podría escribir sus memorias en la tierra y no en las nubes.

**Mariel Anahí Pérez Rodríguez**

Correo electrónico: 0839210x@umich.mx

**Roberto Oropeza Tena**

Correo electrónico: roberto.oropeza@umich.mx



Las nubes. El lienzo de la imaginación. <https://www.pexels.com>



# Dibujando los días

Webcómics para comer aquí y para llevar comiendo

<https://dibujandolosdias.tumblr.com/>



@DIBUJANDOLOSDIAS

# Ojos de amazona

## I

*Aún yaciendo en el polvo  
Brillan de tan peligrosos  
Par de ojos sigilosos  
¡Pudo desearlos Patroclo!*

## II

*Bella muerte al rostro doble  
Terrible y resplandeciente  
La erótica vigilante  
Póthos, el amor del héroe*

## III

*En el combate de Troya  
No se oculta la mirada  
Escrito está en la Etiópida  
Cae herida la amazona*

## IV

*Roto el corazón aqueo  
Burlas entre los argivos  
Tersites con sustantivos  
Aquiles con su flaqueo*

## V

*Inspiró a Quinto de Esmirna  
Desde el destino de Héctor  
Talón roto tras el yelmo  
Triunfar con la muerte misma*

Marcela Velázquez Díaz

[aimetpluie@gmail.com](mailto:aimetpluie@gmail.com)

