

CIENCIA VITAL

Revista de Divulgación Científica de la UACJ

ISSN: 3061-7944

¿Para quién innovamos?

Sesgos de género en la investigación y el desarrollo tecnológico en salud

Bismuto:

el oro amarillo mexicano de la ciencia

Importancia de la sustentabilidad

en instituciones de enseñanza superior: creación de luminaria conforme al ensayo práctico de diseño sostenible

Más allá de la cocina:

el nopal como biopolímero con usos innovadores

Mejorando la calidad

de vida en familiares de personas con enfermedad mental a través de la terapia de aceptación y compromiso

Curación de heridas

a través del uso de nanomateriales de carbono

Nanopartículas de plata y quitosano:

una alianza inteligente para acelerar la cicatrización de heridas

Sobrecarga social

y desgaste de los cuidadores de personas mayores con dependencia funcional

Una mirada bioética

a los experimentos realizados en la prisión de Holmesburg

Mejorando la calidad de vida en familiares

de personas con enfermedad mental a través de la terapia de aceptación y compromiso

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

DIRECTORIO INSTITUCIONAL

Dr. Daniel Constandse Cortez
Rector

Mtra. Guadalupe Gaytán Aguirre
Secretaria Académica

C. D. Salvador David Nava Martínez
Secretario General

Dr. Fausto Aguirre Escárcega
Director del Instituto de Arquitectura, Diseño y Arte

Mtra. Tania Dolores Hernández García
Directora del Instituto de Ciencias Biomédicas

Dr. Erwin Adan Martínez Gómez
Director del Instituto de Ingeniería y Tecnología

Dr. Jesús Meza Vega
Director del Instituto de Ciencias Sociales y Administración

Dra. Nelly Gordillo Castillo
Jefa del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación

CIENCIA VITAL, volumen 4, número 1, enero-marzo 2026, es una publicación trimestral, seriada, en línea, editada por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez a través del Consejo Editorial, Avenida del Charro núm. 450 norte, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C. P. 32310, teléfono +52 (656) 688-4848, <https://cienciavital.uacj.mx>, cienciavital@uacj.mx Editora responsable: Dra. Nelly Gordillo Castillo. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo no. 04-2024-032714020600-102, otorgada por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 3061-7944. Responsable de la última actualización de este número: Dra. Nelly Gordillo Castillo, Avenida del Charro núm. 450 norte, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C. P. 32310, teléfono +52 (656) 688-4848. Fecha de la última actualización: Fecha de la última actualización 31 de marzo de 2026. Las opiniones expresadas en los documentos publicados son responsabilidad de sus autores. Se autoriza la reproducción total de los contenidos e imágenes, siempre y cuando se cite la fuente.



CIENCIAS
BÁSICAS



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

Dra. Nelly Gordillo Castillo
Editora Jefa
Dr. Alberto Davis Ortiz
Coordinador General
Abib Adriana Reyes Díaz
Coordinadora General Estudiantil

PRODUCCIÓN

Mtro. Edgar Eliezer Martínez Espinola
Director Creativo
Mtro. Leonardo Arroyo Ortega
Administrador Web
América Itzayanne Ledesma Soriano
Edición Gráfica
Karla Marla Rascón
Diseño Editorial

REDES SOCIALES

Victor Alfonso Irigoyen Chaparro
Líder de Redes Sociales
Abib Adriana Reyes Díaz
Gestora de Programación de Redes Sociales
Anett Giselle González Rentería
Facebook
Luisa Fernanda Sandoval Gaytán
Instagram
Brandon Yahir Templos Marín
LinkedIn
Angélica Montserrath Colín Cárdenas
Tik Tok
Eylín Danae Flores Osorio
X

NOTICIENCIAS

Anett Giselle González Rentería
Líder Estudiantil de Sección
Ashley Naomi Pantoja Medrano
Corrección de Estilo



CIENCIAS APLICADAS

Dr. Manuel Alejandro
Chairez Ortega • *Editor de Sección*
Eylín Danae Flores Osorio • *Líder Estudiantil de Sección*
Joel Daniel Ochoa Lucio • *Comité Editorial Estudiantil*



CIENCIAS BÁSICAS

Dr. Héctor Alejandro Trejo Mandujano
Editores de Sección
Brandon Yahir Templos Marín
Líder Estudiantil de Sección
Victor Alfonso Irigoyen Chaparro
Mauricio Adrián Pinales Jiménez
Comité Editorial Estudiantil



CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Alejandra Vargas Caraveo
Dra. Yuridia Ortiz Rivera
Editores de Sección
Cesar Andrés Holguín Rivas
Líder Estudiantil de Sección
Jaqueline Gutiérrez Tapia
Kevin Iván Olivares Muñoz
Alexis Aguirre Simental
Comité Editorial estudiantil



CIENCIAS SOCIALES

Dr. Jorge Antonio Breceda Pérez
Editor de Sección
Anneth Nohemí Velázquez Mendoza
Líder Estudiantil de Sección
Luisa Fernanda Sandoval Gaytán
Comité Editorial Estudiantil



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?

Dr. Alberto Davis Ortiz
Editor de Sección
Daniela Alejandra Chávez Espino
Líder Estudiantil de Sección



DIMENSIONES ÉTICAS

Dra. Nelly Gordillo Castillo
Editora de Sección
Frida Sofía Lizárraga Tavares
Líder Estudiantil de Sección
Ana María García Castro
Comité Editorial Estudiantil



ENTREVISTAS

Dr. Alberto Davis Ortiz
Editor de Sección
Daniela Alejandra Chávez Espino
Líder Estudiantil de Sección
Jesús Daniel Rivas Valenzuela
Javier Ramírez Hernández
Comité Editorial Estudiantil



SALUD MENTAL

Mtra. Ana Cecilia Gutiérrez de la Peña
Dra. Bertha Musi Lechuga
Editores de Sección
Michelle Arely Berrueto Duarte
Líder Estudiantil de Sección
Flor Minerva Montejo Dávila
Comité Editorial Estudiantil



UACJ POR EL MUNDO

Dr. Alberto Davis Ortiz
Editor de Sección
Ashley Naomi Pantoja Medrano
Líder Estudiantil de Sección



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO



Acerca de ciencia vital

Ciencia Vital Revista de Divulgación Científica de la UACJ es una publicación seriada, en línea, publicada en modalidad continua con cuatro números anuales por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) a través del Consejo Editorial. Su propósito fundamental es tender puentes entre el conocimiento científico y la comunidad en general. Con Ciencia Vital, buscamos acercar la ciencia a las personas de una forma clara, accesible y, sobre todo, confiable

REVISIÓN POR PARES

Cada manuscrito sometido a Ciencia Vital es meticulosamente evaluado a través de un riguroso proceso de revisión por pares doble ciego. Este proceso asegura la calidad, relevancia y rigor científico de cada artículo. Nuestros revisores, expertos en sus respectivos campos, aportan sus conocimientos y perspectivas críticas para garantizar que cada trabajo cumpla con los más altos estándares académicos

INVITACIÓN A CONTRIBUIR

Extendemos una cordial invitación a investigadores, académicos y expertos a considerar Ciencia Vital para la publicación de sus trabajos. Su contribución es esencial para continuar construyendo un conocimiento científico accesible, confiable y de vanguardia.

ACCESO ABIERTO PARA AMPLIFICAR EL CONOCIMIENTO

Comprometidos con la democratización del conocimiento, Ciencia Vital opera bajo un modelo de acceso abierto. Esto significa que todos los artículos son accesibles sin costo alguno para los lectores de todo el mundo, fomentando una mayor difusión y un impacto más amplio de las investigaciones presentadas. Aunado a esto, las publicaciones se comparten en la página web cienciavital.uacj.mx y a través de nuestras redes académicas y sociales en un formato amigable que fácilmente puede ser compartido

DIVERSIDAD Y COLABORACIÓN INTERNACIONAL

Alentamos la participación de autores de todo el mundo, creando un espacio inclusivo y diverso para la discusión científica. Nuestra plataforma fomenta la colaboración internacional, regflejando la naturaleza global de la ciencia y la investigación.

INNOVACIÓN Y ACTUALIDAD EN LA INVESTIGACIÓN

Los autores de Ciencia Vital están en la vanguardia de sus campos, presentando investigaciones innovadoras y relevantes. A través de su trabajo, abordan desafíos actuales y ofrecen nuevas perspectivas y soluciones.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

Contenido



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?

Ciencia Vital, Vol. 4, No. 1, enero-marzo 2026

<https://doi.org/10.20983/cienciavital.2026.01.cie.01>

e0401CIE01

CIENCIA VITAL

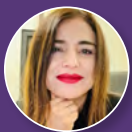
Revista de Divulgación Científica de la UACJ

ISSN: 2603-9966

¿Para quién innovamos?

Sesgos de género en la investigación y el desarrollo tecnológico en salud

Dra. Nelly Gordillo Castillo¹



¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Juárez
<https://orcid.org/0000-0003-2931-7637>
nelly.gordillo@uacj.mx



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

RESUMEN

La innovación en salud no siempre es neutral. Históricamente, el cuerpo masculino ha sido utilizado como referencia en la investigación biomédica, lo que ha influido en el diseño de estudios, dispositivos médicos y tecnologías sanitarias. Este artículo analiza evidencia científica que muestra cómo la subrepresentación de mujeres en la investigación, la interpretación inadecuada de datos y la falta de diversidad en los equipos de innovación pueden generar tecnologías menos adecuadas para parte de la población. A partir de ejemplos en farmacovigilancia, dispositivos médicos e inteligencia artificial, se discuten los riesgos de estos sesgos y la importancia de incorporar una perspectiva de género para desarrollar tecnologías de salud más seguras, inclusivas y efectivas.

Introducción

En medicina, los avances tecnológicos suelen asociarse con procedimientos cada vez más rápidos, precisos y menos invasivos. Sin embargo, no todos los diagnósticos médicos han seguido ese mismo camino.

¿Alguna vez nos hemos preguntado por qué algunos diagnósticos médicos son relativamente simples, como una prueba de sangre para detectar cáncer de próstata, mientras que otros implican procedimientos incómodos, como la compresión de la mama durante una mastografía?

La respuesta no se encuentra únicamente en las diferencias biológicas entre enfermedades. También tiene que ver con cómo se ha desarrollado históricamente la investigación médica. Durante décadas, muchos estudios biomédicos se realizaron tomando el cuerpo masculino como referencia principal. Como consecuencia, las prioridades de investigación, las preguntas científicas y el desarrollo de tecnologías médicas no siempre reflejaron las necesidades de toda la población.

Cuando la investigación se concentra en ciertos grupos, es más probable que las soluciones tecnológicas se diseñen pensando principalmente en ellos. Esto puede influir en qué problemas reciben mayor atención científica, qué tecnologías se desarrollan primero y qué tan cómodos o accesibles resultan algunos procedimientos médicos.

La innovación tecnológica suele presentarse como una fuerza neutral. Nuevos dispositivos médicos, algoritmos de inteligencia artificial y tratamientos farmacológicos prometen mejorar la salud de todas las personas. Sin embargo, la historia reciente de la investigación biomédica muestra que la tecnología no siempre se desarrolla pensando en toda la población.

En muchos casos, las decisiones científicas y de diseño se han basado en un modelo implícito: el cuerpo masculino como referencia estándar.

Este fenómeno ha generado un problema que la literatura científica describe como **sesgo de género en la investigación y la innovación tecnológica en salud**. Sus efectos no siempre son evidentes, pero pueden influir en la seguridad, la eficacia y el acceso a tecnologías médicas.

Surge entonces una pregunta fundamental: **¿para quién estamos innovando realmente?**

La ciencia que se produce depende de quién investiga

Una de las primeras pistas para entender este fenómeno aparece al observar quién participa en la producción científica. A nivel mundial, **menos del 30 % de las personas que se dedican a la investigación son mujeres** [1]. Esta subrepresentación no solo afecta la equidad en las carreras científicas; también influye en qué problemas se consideran prioritarios y qué preguntas se investigan (Figura 1).



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO



Figura 1. Impacto de la subrepresentación femenina en la ciencia sobre las prioridades de innovación y el desarrollo de tecnologías de salud.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

Diversos estudios han mostrado que cuando las mujeres participan activamente en equipos de innovación, aumenta la probabilidad de desarrollar tecnologías relacionadas con problemas de salud que afectan principalmente a mujeres. Por ejemplo, un análisis de patentes biomédicas encontró que **los equipos de inventoras tienen un 35 % más de probabilidades de generar innovaciones enfocadas en salud femenina** [2].

Cuando ciertos grupos están ausentes de los espacios donde se toman decisiones científicas o tecnológicas, sus necesidades pueden quedar fuera de la agenda de investigación. En otras palabras, la diversidad en los equipos de investigación no es solo una cuestión de justicia social; también es un factor que determina qué tipo de innovación llega finalmente a la sociedad.

El denominador importa en la interpretación de los datos científicos

El sesgo de género también puede aparecer en la manera en que se interpretan los datos científicos. Un ejemplo interesante proviene del estudio de los eventos adversos asociados a medicamentos.

Durante años se repitió la idea de que las mujeres experimentaban aproximadamente el doble de efectos adversos que los hombres. Sin embargo, investigaciones posteriores mostraron que esa diferencia desaparecía al ajustar correctamente los datos por la exposición real a medicamentos. Es decir, cuando se considera cuántas personas toman un determinado fármaco —el denominador adecuado— la diferencia entre hombres y mujeres se reduce considerablemente [3].

Este tipo de errores metodológicos puede llevar a conclusiones equivocadas y reforzar interpretaciones simplistas basadas únicamente en diferencias biológicas. Por ello, varios investigadores han propuesto nuevas pautas metodológicas para analizar diferencias entre sexos, que incluyen el uso de denominadores adecuados, la consideración de factores sociales y el análisis crítico de las hipótesis iniciales [3].

Dispositivos médicos diseñados para un “cuerpo estándar”

El diseño de dispositivos médicos también refleja este problema (Figura 2). Durante décadas, muchos productos se desarrollaron utilizando datos provenientes principalmente de hombres.

Un ejemplo conocido es el de los primeros **corazones artificiales**, cuyos tamaños no siempre se ajustaban adecuadamente a la anatomía femenina. Este tipo de diferencias anatómicas, aparentemente simples, pueden influir en la seguridad y eficacia de una tecnología médica.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO



Figura 2. Ejemplos de tecnologías y dispositivos médicos diseñados con base en un “cuerpo estándar” que pueden no ajustarse adecuadamente a las características fisiológicas de muchas mujeres.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

De hecho, un análisis de reportes regulatorios en Estados Unidos encontró que **alrededor del 67 % de los reportes de eventos adversos asociados a dispositivos médicos correspondían a mujeres** [4]. Esto no significa necesariamente que los dispositivos sean intrínsecamente peligrosos para ellas, sino que muchos de ellos fueron diseñados o evaluados inicialmente sin considerar adecuadamente las diferencias biológicas y sociales entre sexos.

En la actualidad, tecnologías como el escaneo tridimensional y la impresión 3D permiten diseñar dispositivos más personalizados. Sin embargo, para que estas herramientas realmente contribuyan a la equidad en salud, es necesario incorporar desde el inicio una perspectiva de diversidad corporal y de género en el proceso de diseño.

El nuevo desafío de la inteligencia artificial

El desarrollo de sistemas de inteligencia artificial en medicina abre nuevas oportunidades, pero también nuevos riesgos. Los algoritmos aprenden a partir de los datos disponibles, y si esos datos contienen sesgos históricos, el sistema puede reproducirlos o incluso amplificarlos.

Por ejemplo, si un algoritmo se entrena principalmente con datos de pacientes masculinos, es posible que su desempeño sea menos preciso al evaluar a pacientes femeninas. Esto ya se ha observado en algunos sistemas de reconocimiento facial y en modelos de predicción clínica.

Por esta razón, varios investigadores proponen integrar **marcos de derechos humanos** en la gobernanza de la inteligencia artificial. Estos marcos permiten evaluar los posibles impactos de la tecnología en diferentes grupos sociales a lo largo de todo el ciclo de vida del sistema, desde el diseño hasta su implementación [5].

No obstante, los expertos advierten que mencionar principios éticos no es suficiente. Para evitar la discriminación tecnológica se requieren mecanismos concretos de supervisión, auditoría y transparencia.

Cuando la evidencia tarda en llegar

Otro ejemplo interesante proviene de los estudios sobre posibles cambios menstruales asociados a las vacunas contra COVID-19. En los primeros meses de la pandemia, numerosos reportes informales mencionaron alteraciones en el ciclo menstrual después de la vacunación. Sin embargo, estos reportes fueron inicialmente considerados anecdóticos o insuficientes como evidencia científica.

Posteriormente, al acumularse miles de informes en sistemas de farmacovigilancia, algunas agencias regulatorias comenzaron a investigar el fenómeno con mayor detalle. Con el tiempo, el **sangrado menstrual abundante** fue reconocido como un posible efecto adverso poco frecuente y se actualizó la información del producto para reflejar esta posibilidad [6].

Este caso no cuestiona la seguridad general de las vacunas —que han demostrado ser altamente efectivas y seguras—, pero sí ilustra cómo ciertos problemas de salud pueden tardar más en ser reconocidos cuando no encajan fácilmente dentro de los modelos tradicionales de investigación clínica.

Innovar con equidad

La evidencia científica muestra que los sesgos de género pueden aparecer en múltiples etapas del proceso de innovación: en la formulación de preguntas de investigación, en el diseño de estudios clínicos, en el desarrollo de dispositivos médicos o en la implementación de algoritmos de inteligencia artificial.

Afortunadamente, también existen estrategias para reducir estos problemas. Entre ellas se encuentran:



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

- » incluir de manera equilibrada a mujeres y hombres en los estudios clínicos;
- » analizar los resultados de forma diferenciada por sexo y género;
- » considerar factores sociales además de variables biológicas;
- » diseñar dispositivos y tecnologías teniendo en cuenta la diversidad corporal;
- » evaluar los sistemas de inteligencia artificial para detectar posibles sesgos.

En última instancia, la innovación en salud no consiste únicamente en desarrollar tecnologías más sofisticadas. También implica garantizar que esas tecnologías funcionen de manera segura y efectiva para toda la población.

Una pregunta necesaria

La ciencia y la tecnología tienen un enorme potencial para mejorar la calidad de vida. Sin embargo, para aprovechar plenamente ese potencial es necesario reconocer que la innovación no ocurre en el vacío: se desarrolla dentro de contextos sociales, culturales y políticos.

Cuando la investigación incorpora diversidad en los equipos científicos, rigor metodológico en el análisis de datos y una perspectiva inclusiva en el diseño tecnológico, las soluciones que emergen tienen el potencial de beneficiar a un mayor número de personas.

Innovar con equidad no significa solo desarrollar tecnologías más sofisticadas, sino construir conocimiento científico que refleje mejor la diversidad de quienes habitan el mundo.

Tal vez el primer paso para lograrlo sea detenernos un momento y formular una pregunta tan simple como profunda: **¿para quién estamos innovando?**

Referencias

- [1] C. Meyer and D. Baogui, "Examining the Gender Gap in STI Policy: Addressing Factors Contributing to Women's Underrepresentation," *SAGE Open*, 2025.
- [2] D. Terracciano, "Translating Science Into Impact: A Technology Transfer Roadmap for Women in Health Innovation," *Health & Social Care in the Community*, 2025.
- [3] M. Boulicault et al., "Three maxims for countering sex essentialism in scientific research," *Biology of Sex Differences*, vol. 16, 2025.
- [4] I. Campesi, F. Franconi, and P. A. Serra, "The Appropriateness of Medical Devices Is Strongly Influenced by Sex and Gender," *Life*, vol. 14, 2024.
- [5] A. Su, "Gender Equality, AI, and the Future of Human Rights," *University of Toronto Law Journal*, 2025.
- [6] M. Mezza, "Entangled evidence: epistemic injustice and systemic neglect in the assessment of menstrual disorders following COVID-19 vaccines," *Critical Public Health*, 2025.



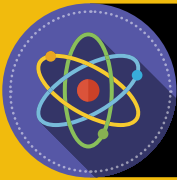
ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO



CIENCIAS APLICADAS

Ciencia Vital, Vol. 4, No. 1, enero-marzo 2026

<https://doi.org/10.20983/cienciavital.2026.01.apl.01>
e0401APL01

CIENCIA VITAL
Revista de Divulgación Científica de la UACJ
ISSN: 2603-7946

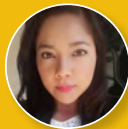
Bismuto:

el oro amarillo mexicano
de la ciencia

Dra. María Teresa Ayala Ayala¹

Dra. Brenda Alicia Rosales Pérez²

Dr. Luis Arturo Godínez Mora-Tovar³



¹ Universidad Autónoma de Querétaro. maria.teresa.ayala@uaq.mx

² Universidad Autónoma de Querétaro. <https://orcid.org/0000-0003-0682-8186>

³ Universidad Autónoma de Querétaro. <https://orcid.org/0000-0002-4136-3858>



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

RESUMEN

El bismuto es un semimetal (un material con propiedades a medio camino entre metal y no metal) de baja toxicidad que está ganando interés como alternativa más “verde” al plomo y otros metales pesados. En este artículo mostramos por qué México, como uno de los grandes productores mundiales de bismuto, tiene una oportunidad estratégica para impulsar materiales innovadores con impacto en la limpieza del agua, la energía limpia y la biomedicina. El foco está en el óxido de bismuto (Bi_2O_3), un material de color amarillo que puede activar reacciones químicas al recibir luz: es decir, funciona como fotocatalizador (aprovecha la luz para acelerar procesos que degradan contaminantes). Desde el Centro de Investigación en Química para la Economía Circular (CIQEC) se desarrollan dispositivos fotoactivos a base de bismuto para tratar agua contaminada con métodos sostenibles y de bajo costo. La invitación es clara: revalorar este recurso nacional como motor de innovación, el “oro amarillo mexicano de la ciencia”.

1. Introducción: el bismuto en México

¿Sabías que México posee uno de los semimetales más interesantes para la ciencia y la tecnología, con un gran potencial en **remediación ambiental**, **generación de energía** y **aplicaciones biomédicas**? ¿Y que, además, nuestro país cuenta con una de las mayores reservas de **bismuto** a nivel mundial, lo que lo posiciona como un posible productor y exportador?

En el siglo XVI, los mineros bautizaron al bismuto como “tectum argenti”, o “plata en formación”. Su nombre actual, **bismuto**, tiene una etimología incierta, aunque se piensa que podría venir de las palabras alemanas “Bismuth”, “Wismut” o “Wissmuth”. El bismuto (símbolo químico **Bi**) es un **semimetal**, es decir, tiene propiedades intermedias entre un metal y un no metal. Es cristalino, duro y quebradizo, y es uno de los pocos metales que **se expanden al solidificarse** [1], [2].

En México, el bismuto se obtiene principalmente como **subproducto** del refinamiento de cobre (Cu), plomo (Pb) y plata (Ag). Como México es un gran productor de plata, esto favorece la recuperación de bismuto en esos procesos metalúrgicos. En 2018, el país se posicionó como el cuarto productor mundial de bismuto, con Coahuila como el mayor contribuyente; y en 2022 México exportó 991,000 dólares en bismuto, lo que lo ubicó como el producto número 935 más exportado del país y en la posición 13 a nivel mundial, con una aportación del 6.68 % de la producción global [1]. Sin embargo, la producción de bismuto de refinería está encabezada por China (1,800 toneladas en 2022), seguida de Laos y Vietnam [3].

En México, el bismuto se exporta principalmente en forma de **pellets**, lo que limita su aprovechamiento tecnológico. Aunque se clasifica como “metal pesado”, el bismuto tiene una toxicidad relativamente baja y no representa un riesgo importante para la salud humana [4]. Por eso, puede ser una alternativa para sustituir metales más tóxicos y contaminantes, como el plomo (Pb) y el cadmio (Cd) [2]. Aun así, la falta de conocimiento y desarrollo tecnológico sobre sus propiedades fisicoquímicas y sobre los materiales basados en bismuto ha restringido la explotación de sus usos en energía, ambiente y biomedicina. En consecuencia, en el país el bismuto suele considerarse un producto de bajo valor agregado y se exporta a bajo costo en su forma semimetálica.

2. Aplicaciones tecnológicas y científicas

Hoy en día, el bismuto se utiliza en distintas áreas. En farmacéutica, el **subsalicilato de bismuto** ($\text{C}_7\text{H}_5\text{BiO}_4$) se emplea en antidiarreicos (como Pepto-Bismol®) para disminuir la pérdida de líquidos y electrolitos, y también aparece en algunos antigripales y antihistamínicos [5]. En cosméticos, el **oxicloruro de bismuto** (BiOCl) se usa como pigmento por su afinidad y adherencia a la piel [6]. En electrónica, el **óxido de bismuto** (Bi_2O_3) se utiliza en superconductores, soldaduras, capacitores y otros componentes [7]. En industria, se emplea en aleaciones de bajo punto de fusión, sensores térmicos y catalizadores [7].



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

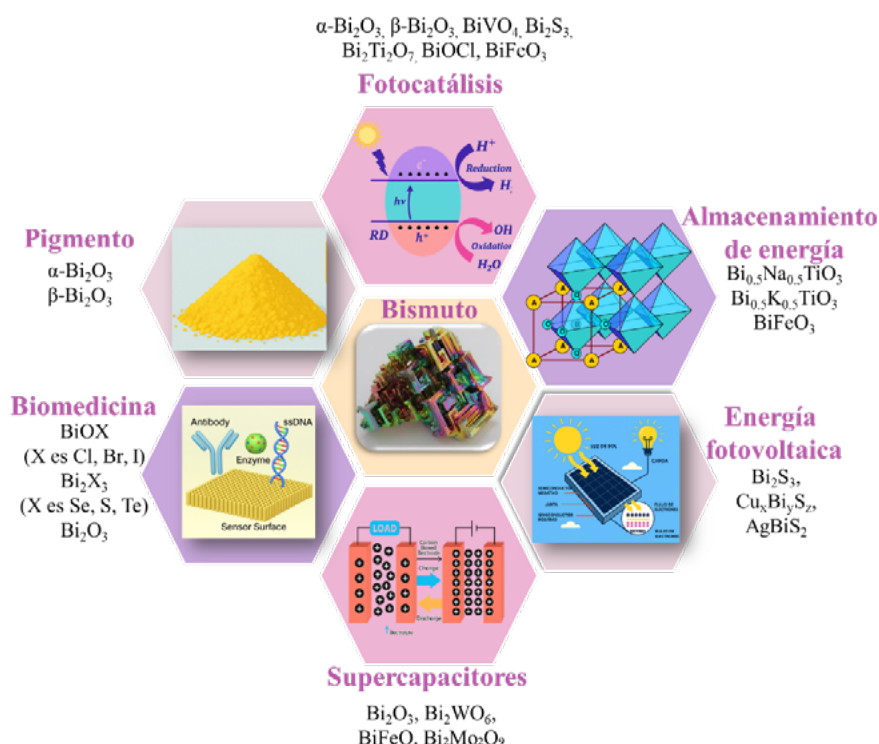


Figura 1. Aplicaciones de materiales a base de bismuto en industria, biomedicina, medio ambiente y energía.

Los materiales a base de bismuto han adquirido relevancia científica y tecnológica en diversas formas químicas, como óxidos, oxihaluros, calcogenuros, vanadatos, carbonatos, titanatos, ferritas, fosfatos, niobatos y perovskitas, entre otros [8]–[11] (Figura 1). De acuerdo con análisis bibliométricos en Scopus, una gran parte de las publicaciones sobre materiales a base de bismuto proviene de China, Estados Unidos e India. Dentro de este campo de investigación [12], uno de los materiales con mayor interés es el **óxido de bismuto (Bi_2O_3)**, que tiene un color amarillo característico y propiedades estructurales particulares. Por estas características, lo hemos llamado de forma metafórica el **“oro amarillo mexicano de la ciencia”**. ¿Por qué?

3. Óxido de bismuto

El óxido de bismuto, con fórmula química **Bi_2O_3** , puede organizar sus átomos de siete maneras distintas, conocidas como **estructuras cristalinas**. Por eso se considera un material **polimorfo**: α -monoclínica, β -tetragonal, γ -bcc, δ -fcc, ϵ -ortorrómbica, ω -triclinica y hexagonal (a altas presiones) [12].

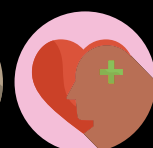
El Bi_2O_3 tiene un color amarillo brillante que cambia según su estructura cristalina y puede ir de un amarillo pálido a un naranja. Cada estructura le da propiedades físicas, ópticas y químicas diferentes, y eso permite usos distintos. La fase α -monoclínica es la única estable a temperatura ambiente y se utiliza como pigmento. La fase δ -fcc se aplica en celdas de combustible de estado sólido. La fase β -tetragonal, gracias a su estructura tipo “túnel”, ha mostrado altas eficiencias como **fotocatalizador** (un material que acelera reacciones químicas usando luz) [13].

El color amarillo del Bi_2O_3 no es solo visual: también se relaciona con su capacidad de absorber luz en un rango amplio del espectro solar, desde la región ultravioleta (UV) hasta la luz visible alrededor de 600 nm (nanómetros, una forma de medir la longitud de onda de la luz). En términos sencillos, esto significa que puede aprovechar una parte importante de la luz del sol.

Cuando el Bi_2O_3 absorbe luz, la energía luminosa (compuesta por **fotones**, que son “paquetes” de luz) excita o “empuja” a los electrones del material. Este proceso genera dos especies con



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

carga opuesta: **electrones** (carga negativa) y **huecos** (carga positiva). A esto se le conoce como **fotoexcitación**. Ambas especies pueden desplazarse a la superficie del material y participar en reacciones químicas de oxidación y reducción (Figura 2).

Gracias a la fotoexcitación, el óxido de bismuto puede promover reacciones de interés ambiental y energético. Por ejemplo, puede ayudar a degradar contaminantes persistentes del agua —como herbicidas, algunos fármacos o colorantes usados en la industria textil— que no se eliminan fácilmente con métodos convencionales. Esta capacidad se conoce como **fotocatálisis**, y es una de las propiedades más interesantes del material [12].



Figura 2. Activación del óxido de bismuto para degradar contaminantes del agua (imagen creada con IA).

Además, el Bi_2O_3 puede participar en procesos como la reducción de óxidos de nitrógeno (NO_x), gases contaminantes generados por la quema de combustibles; la inactivación de microorganismos patógenos (virus, bacterias y hongos); y la producción de hidrógeno (H_2) a partir del agua.

La producción de hidrógeno es especialmente relevante porque este gas se considera un combustible limpio: puede generar energía sin emitir dióxido de carbono, lo que lo convierte en una alternativa prometedora para disminuir el uso de combustibles fósiles y avanzar hacia una transición energética más sostenible [12].



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
 POR EL MUNDO

4. Nuevas investigaciones enfocadas en remediación ambiental

En el grupo de investigación se desarrollan proyectos orientados a uno de los mayores desafíos ambientales actuales: la purificación y tratamiento de aguas residuales, un recurso vital para la vida. En este contexto, se emplean **procesos de oxidación avanzada** con materiales carbonosos y fotocatalíticos innovadores a base de bismuto para sanear aguas contaminadas.

En particular, se han desarrollado fotocatalizadores basados en Bi_2O_3 y $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3$, modificados física y químicamente para maximizar su eficiencia [14]. Estos materiales se han preparado en distintas configuraciones —polvos, recubrimientos, compósitos y celdas cortocircuitadas—, lo que amplía su versatilidad para tratar aguas sintéticas y reales, y permite remover contaminantes emergentes y recalcitrantes (difíciles de eliminar con métodos convencionales).

Los resultados recientes son prometedores: bajo irradiación de luz visible, estos fotocatalizadores pueden degradar hasta el 98 % de colorantes orgánicos como azul de metileno y naranja de metilo en 60 min. Asimismo, se ha alcanzado una degradación del 97 % del fármaco **sulfametoxazol** (un contaminante emergente detectado en cuerpos de agua), con una mineralización del 40 %.

Estos avances confirman el potencial de los materiales a base de bismuto como fotocatalizadores eficientes y sostenibles para el tratamiento y purificación de agua. Su aplicación podría contribuir a eliminar contaminantes emergentes como fármacos asociados con resistencia bacteriana y alteraciones del sistema endocrino, además de reducir el deterioro de los ecosistemas acuáticos, incluida la feminización de machos en fauna acuática [15].

Uno de los desarrollos recientes del grupo es la fabricación de **materiales compuestos** Carbono/ Bi_2O_3 , es decir, materiales que combinan dos componentes con propiedades complementarias. En estos compuestos, se depositan nanopartículas de óxido de bismuto sobre fieltro de carbono [14] (Figura 3). La técnica de depósito utilizada es económica, escalable y permite controlar variables clave del proceso [16], [17].

La idea es aprovechar lo mejor de ambos materiales: por un lado, el fieltro de carbono actúa como una “esponja” gracias a su alta porosidad y gran área superficial, lo que ayuda a atrapar contaminantes del agua; por otro lado, el óxido de bismuto, al absorber luz solar, genera reacciones químicas que degradan esos contaminantes.

Además, el carbono no solo funciona como soporte: también puede participar en reacciones como la **reacción Fenton**, que produce peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y radicales hidroxilo ($\bullet\text{OH}$), especies altamente reactivas capaces de degradar contaminantes del agua [17].



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

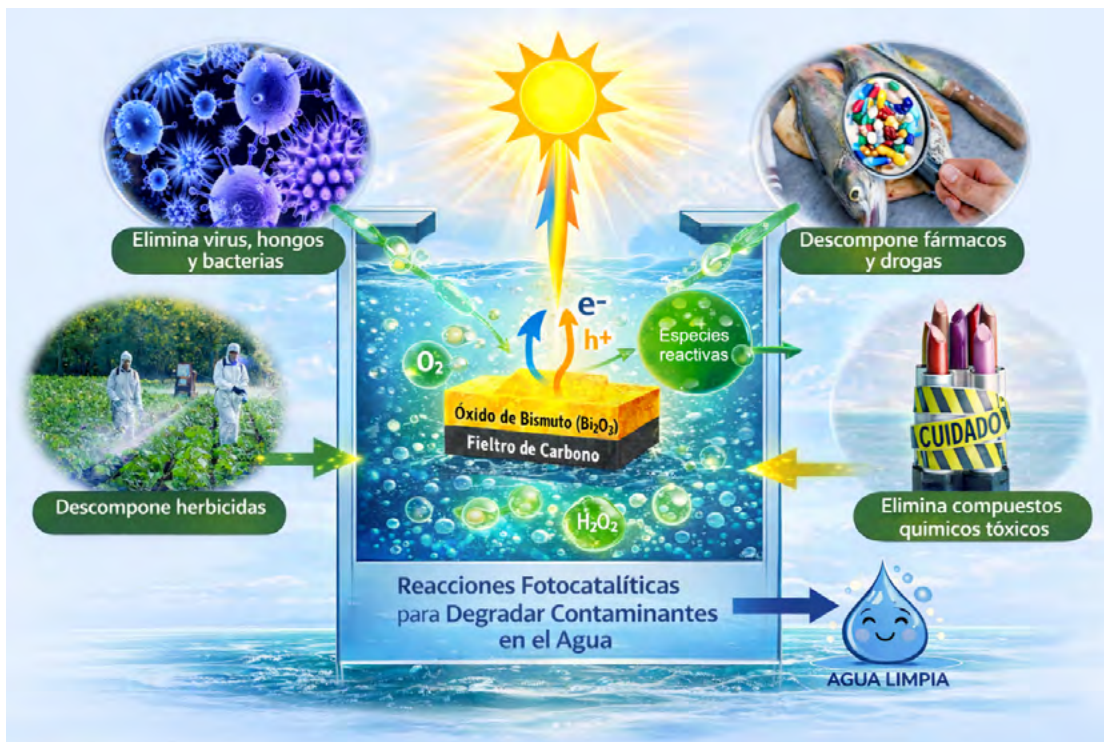


Figura 3. Compósitos Carbono/ Bi_2O_3 activados con luz solar y aplicaciones potenciales en tratamiento de agua (imagen creada con IA).

El siguiente paso en esta línea consiste en escalar estos materiales Carbono/ Bi_2O_3 hacia **dispositivos autónomos flotantes** para purificar agua. El fieltro flota de manera natural, lo que facilita su recuperación después del tratamiento, y solo requiere luz natural para activarse, sin necesidad de energía externa ni reactivos adicionales.

Esta línea de investigación, actualmente en desarrollo, tiene un alto potencial tecnológico para el tratamiento sustentable de aguas residuales, con aplicaciones directas en ríos, lagunas y zonas con acceso limitado a tecnologías convencionales de saneamiento.

5. Conclusión

La problemática ambiental actual ha impulsado el desarrollo de nuevos materiales y técnicas innovadoras que buscan soluciones más amigables con el medio ambiente, en línea con acuerdos globales como la Agenda 2030 para los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015) y con el principio de la economía circular. Estos desarrollos buscan reducir gasto energético, residuos y costos, lo que facilita su implementación como proyectos tangibles y de bajo costo.

La versatilidad del óxido de bismuto permite diversificar su uso en aplicaciones que antes se consideraban poco exploradas. Será importante profundizar en investigaciones futuras para identificar de manera sistemática sus limitaciones y optimizar su implementación a escala industrial.

México posee una materia prima valiosa: el óxido de bismuto, que aún no se ha aprovechado plenamente. Su obtención a partir de la minería nacional y la posibilidad de procesarlo en el país, en diferentes composiciones químicas, abre la puerta a dispositivos fotoactivos desarrollados mediante procesos sustentables, de bajo costo y alta eficiencia. Con ello, podríamos dejar de exportarlo como materia prima de bajo valor y avanzar hacia su valorización tecnológica como el **“oro amarillo mexicano de la ciencia”**.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

Referencias

- [1] "Bismuth," The Observatory of Economic Complexity (OEC), 2023. [Online]. Available: <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/bismuth/reporter/mex>
- [2] R. Mohan, "Green bismuth," *Nature Chemistry*, vol. 2, p. 336, 2010. doi: <https://doi.org/10.1038/nchem.609>
- [3] X. Liu and S. Handschuh-Wang, "Bismuth–Production, market and price development, and applications," *Canadian Metallurgical Quarterly*, 2025. doi: <https://doi.org/10.1080/00084433.2025.2465085>
- [4] M. Esquivel-Gaona *et al.*, "Bismuth-based nanoparticles as the environmentally friendly replacement for lead-based piezoelectrics," *RSC Advances*, vol. 5, pp. 27295–27304, 2015. doi: <https://doi.org/10.1039/C5RA02151K>
- [5] S. L. Gorbach, "Bismuth therapy in gastrointestinal diseases," *Gastroenterology*, vol. 99, no. 3, pp. 863–875, Sep. 1990. doi: [https://doi.org/10.1016/0016-5085\(90\)90983-8](https://doi.org/10.1016/0016-5085(90)90983-8)
- [6] J. Amneklev, A. Augustsson, L. Sörme, and B. Bergbäck, "Bismuth and silver in cosmetic products: A source of environmental and resource concern?," *Journal of Industrial Ecology*, vol. 20, no. 1, pp. 99–106, 2016.
- [7] S. Himeno, H. Fujishiro, and D. Sumi, "Bismuth," in *Handbook on the Toxicology of Metals*, 5th ed., vol. 2. Elsevier, 2021, pp. 121–139. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822946-0.00005-2>
- [8] P. Chen *et al.*, "Bi-based photocatalysts for light-driven environmental and energy applications: Structural tuning, reaction mechanisms, and challenges," *EcoMat*, 2020. doi: <https://doi.org/10.1002/eom2.12047>
- [9] P. Gao *et al.*, "A critical review on bismuth oxyhalide based photocatalysis for pharmaceutical active compounds degradation: Modifications, reactive sites, and challenges," *Journal of Hazardous Materials*, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125186>
- [10] H. Li *et al.*, "Recent advances in the application of bismuth-based catalysts for degrading environmental emerging organic contaminants through photocatalysis: A review," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2023. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.110371>
- [11] X. Meng and Z. Zhang, "Bismuth-based photocatalytic semiconductors: Introduction, challenges and possible approaches," *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, vol. 423, pp. 533–549, 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molcata.2016.07.030>
- [12] A. H. Zahid and Q. Han, "A review on the preparation, microstructure, and photocatalytic performance of Bi₂O₃ in polymorphs," *Nanoscale*, vol. 13, no. 42, pp. 17687–17724, 2021.
- [13] M. T. Ayala-Ayala, M. Y. Ferrer-Pacheco, and J. Muñoz-Saldaña, "Manufacturing of photoactive -bismuth oxide by flame spray oxidation," *Journal of Thermal Spray Technology*, vol. 30, pp. 1107–1119, 2021. doi: <https://doi.org/10.1007/s11666-021-01182-2>
- [14] M. T. A. Ayala *et al.*, "A Bi₂O₃/carbon composite as a short-circuited cell for water purification," *Journal of Water Process Engineering*, vol. 79, p. 108857, 2025.
- [15] P. Babuji *et al.*, "Human health risks due to exposure to water pollution: A review," *Water*, vol. 15, no. 14, p. 2532, 2023.
- [16] M. T. Ayala-Ayala *et al.*, "A short-circuited photo-assisted electrochemical cell for wastewater treatment," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 12, no. 4, 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.113269>
- [17] M. L. Salazar-Lopez *et al.*, "Surface oxidation pre-treatment on activated carbon: Effect on its cathode performance in electro-Fenton processes," *Materials Today Communications*, vol. 34, p. 105290, 2023.



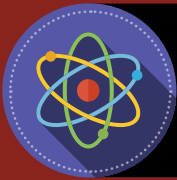
ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO



CIENCIAS APLICADAS

Ciencia Vital, Vol. 4, No. 1, enero-marzo 2026

<https://doi.org/10.20983/cienciavital.2026.01.apl.02>

e0401APL02

CIENCIA VITAL

Revista de Divulgación Científica de la UACJ

2026, vol. 4, no. 1

Importancia de la sustentabilidad

en instituciones de enseñanza superior: creación de luminaria conforme al ensayo práctico de diseño sostenible

Dr. Porfirio Peinado Coronado¹

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. <https://orcid.org/0000-0002-9626-9535>. porfirio.peinado@uacj.mx.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

RESUMEN

Las instituciones de educación superior desempeñan un papel clave en la formación de profesionales capaces de enfrentar los retos ambientales y sociales actuales. En un contexto de transición hacia modelos más responsables con el entorno, la sostenibilidad —entendida como el equilibrio entre bienestar social, cuidado ambiental y viabilidad económica— se integra cada vez más en la enseñanza y la investigación universitarias. Este artículo analiza cómo la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) promueve estos principios a través de un ejercicio práctico en la Licenciatura en Diseño Industrial: la creación de una luminaria elaborada con materiales de reúso, es decir, materiales que ya cumplieron su ciclo de vida y se aprovechan nuevamente. La experiencia demuestra que el aprendizaje práctico fortalece la conciencia ambiental, impulsa la creatividad y fomenta el diseño responsable. Más allá de la teoría, el estudio evidencia que enseñar sostenibilidad mediante proyectos concretos contribuye a formar estudiantes comprometidos con soluciones reales para la sociedad y el medio ambiente.

Introducción

Los movimientos ambientalistas y de sostenibilidad que hoy conocemos no surgieron de la nada. Sus raíces se encuentran en las décadas de 1960 y 1970, una época de despertar ecológico que culminó con la primera celebración del Día de la Tierra en 1970. Desde entonces, mucho ha cambiado, pero la esencia permanece.

Si buscamos el término “sostenibilidad” en su sentido más básico, encontramos algo simple: la capacidad de durar en el tiempo. Sin embargo, cuando lo llevamos al terreno del medio ambiente y la sociedad, el concepto adquiere una dimensión más amplia. La sostenibilidad es, en realidad, una forma integral de vivir que abarca mucho más de lo que solemos pensar: la salud de las personas y del planeta, la justicia social, la estabilidad económica y la construcción de un mundo mejor para las generaciones futuras.

Podemos entenderla como un equilibrio constante. No se trata solo de “mantener las cosas como están”, sino de cuidar tres pilares fundamentales: lo social, lo ambiental y lo económico. Es como intentar mantener estas tres dimensiones en armonía al mismo tiempo, buscando un balance que permita el bienestar colectivo. La Figura 1 muestra precisamente cómo estos aspectos se entrelazan y se complementan [1].

Los orígenes de los movimientos orientados a “volverse ecológico” y a reducir los impactos humanos sobre el medio ambiente pueden rastrearse también en las décadas de 1960 y 1970, que dieron lugar a la primera celebración del Día de la Tierra en 1970. El término sostenibilidad, en su sentido literal, significa la capacidad de perdurar. No obstante, desde una perspectiva ambiental, implica una forma integral de vida que considera la salud humana y ecológica, la justicia social, una fuente segura de ingresos y la responsabilidad hacia las generaciones futuras. En general, puede entenderse como mantenimiento; sin embargo, con un enfoque ambiental, la sostenibilidad integra los aspectos sociales, ambientales y económicos para conservar un equilibrio natural, tal como se muestra en la Figura 1 [1].



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

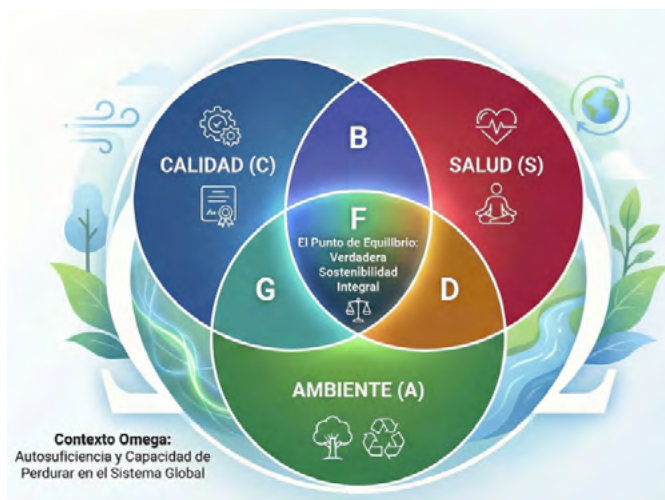


Figura 1. Equilibrio entre los aspectos que integran la sostenibilidad. Fuente: adaptado de [1].

Cuando hablamos de sostenibilidad en la educación superior, encontramos múltiples interpretaciones. Por lo general, se asocia con el movimiento ecológico o con la idea de “reducir la huella de carbono”, es decir, disminuir la cantidad de gases de efecto invernadero que una institución genera directa o indirectamente. Mejorar el desempeño ambiental de las universidades es importante; sin embargo, aquí surge un punto clave.

Muchas universidades —por ejemplo, facultades de Diseño Gráfico, Diseño Industrial o Diseño de Interiores— trabajan activamente para volverse más “verdes”. Instalan paneles solares, reducen el consumo de papel e implementan programas de reciclaje. Estas acciones son valiosas, pero a veces se deja de lado un aspecto fundamental: enseñar a los estudiantes a ser miembros sostenibles y autosuficientes en sus comunidades y en la sociedad en general.

Los educadores tienen, por tanto, una responsabilidad mayor. Como señala Wakefield [2], es necesario fomentar una educación que enseñe a los estudiantes a “conectar con los aspectos”, pensar en el panorama general y comprender cómo encajan en los sistemas y patrones de su entorno. Cuando la sostenibilidad se integra de manera transversal en el plan de estudios, no solo se forman graduados conscientes del medio ambiente, sino personas con pensamiento holístico y capacidad de enfrentar los desafíos del mundo real. Esto va mucho más allá de simplemente “volverse ecológico”.

Hoy en día, “volverse ecológico” parece estar de moda. Lo vemos en supermercados, publicidad y redes sociales. Pero conviene preguntarnos: ¿qué significa realmente? En muchos casos, representa una versión simplificada de la sostenibilidad. Sin embargo, la sostenibilidad es un concepto mucho más profundo que simplemente adoptar una imagen “verde” o consumir productos con etiquetas ecológicas.

Por tanto, la sostenibilidad no es una moda pasajera ni un término atractivo para fines comerciales. Es un elemento esencial para la permanencia del planeta y para la calidad de vida de quienes lo habitamos.

Vivimos en un mundo con múltiples problemas globales que afectan a las personas, a la economía y al entorno natural. Ante esta realidad, resulta cada vez más urgente aprender a enfrentarlos desde lo local, desde nuestras propias comunidades. Gran parte de los conflictos actuales provienen de la dependencia excesiva, la comodidad y, en ocasiones, la falta de información. Con el tiempo, hemos dejado de practicar habilidades básicas de autosuficiencia que antes formaban parte del conocimiento cotidiano.

Aquí es donde todo se conecta: aprender a ser autosuficientes implica aprender a ser sostenibles. Y aprender sostenibilidad requiere el deseo genuino de marcar una diferencia positiva.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

Para efectos de este artículo, cuando hablamos de sostenibilidad nos referimos a un enfoque holístico hacia la autosuficiencia inspirado en principios de la permacultura, un sistema de diseño que busca integrar de manera armónica los aspectos sociales, ambientales y económicos. Esto significa encontrar un equilibrio dinámico entre necesidades sociales, ambientales, económicas y de salud. No se trata de elegir una dimensión sobre otra, sino de integrarlas en una forma de vida coherente y resiliente.

La sostenibilidad, en este sentido, no es un destino final al que se llega, sino un proceso continuo de aprendizaje y ajuste. Implica reflexionar sobre nuestras acciones, reconocer errores y reforzar aciertos. Es, en última instancia, un compromiso con nosotros mismos, con nuestra comunidad y con las generaciones futuras.

Del concepto a la práctica sostenible

Gadotti [1] sugirió que la educación superior debe reorientar el currículo y la metodología de enseñanza hacia la sostenibilidad, ya que muchas prácticas educativas actuales están encaminando a los estudiantes hacia formas de vida insostenibles. Como resultado, la educación superior debe impulsar una nueva pedagogía que incluya prácticas educativas basadas en la sostenibilidad y promueva el aprendizaje transformador. Por tanto, existe la necesidad de que los educadores incorporen métodos de sostenibilidad en sus planes de estudio a lo largo de las diversas disciplinas.

Además de integrar en los programas específicos componentes y prácticas sostenibles, la educación en general debe transformarse para enseñar a los estudiantes a ser consumidores y productores responsables, más allá de acciones superficiales como reducir, reutilizar y reciclar (3R). Las 3R se refieren a disminuir el consumo, reutilizar materiales y reciclar residuos para reducir el impacto ambiental. Esta formación busca enseñar a los estudiantes cómo vivir en, comprender y proteger sus entornos sociales y naturales. Aun así, el currículo de sostenibilidad suele centrarse en diversos temas clave, entre ellos las 3R, la educación en todos los niveles, la sostenibilidad como forma de vida, el aprendizaje experiencial y la generación de esperanza ante los retos ambientales.

Diversos estudios han puesto de manifiesto que la sostenibilidad está recibiendo cada vez mayor atención. Países como Brasil, Australia, India, Costa Rica, Israel, México, Perú y Escocia cuentan con programas específicos de enseñanza sobre sostenibilidad mediante aprendizaje práctico presencial.

En la manufactura de cualquier producto, la sostenibilidad implica observar los recursos utilizados y las emisiones generadas más allá de la simple fabricación. Tradicionalmente, la creación de un producto se divide en cuatro etapas consecutivas: i) producción del material (materia prima), ii) manufactura del producto, iii) uso del producto y iv) disposición final. Desde un enfoque sostenible, estas etapas se analizan integrando el balance de recursos naturales, emisiones y residuos en cada una de ellas, con el fin de buscar el equilibrio entre los aspectos sociales, ambientales y económicos que integran la sostenibilidad (Figura 2).



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

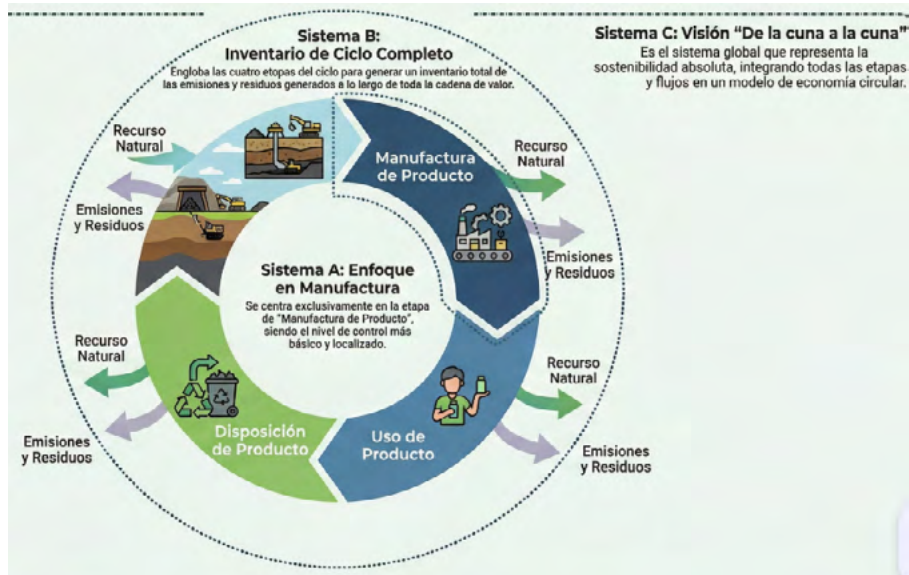


Figura 2. La sostenibilidad en la manufactura de un producto: fabricación del producto (Sistema A), inventario de emisiones y residuos generados (Sistema B) y enfoque de "cuna a cuna" (Sistema C). Fuente: elaboración propia.

Al final de la vida útil de un producto, la sostenibilidad analiza detalladamente cinco posibles destinos: reúso, restauración, reciclaje, combustión y disposición final (Figura 3). Todas estas opciones pasan inevitablemente por el proceso de recolección correspondiente a la etapa de disposición final del producto. Posteriormente, el reúso y la restauración pueden reintegrarse a la etapa de producción de material. Si el producto se destina al reciclaje, debe pasar por un proceso de clasificación inicial que separa materiales combustibles y no combustibles, seguido de una clasificación secundaria según tipo y calidad del material; posteriormente puede reincorporarse a la etapa de producción. La opción de combustión se realiza después de la clasificación primaria, mientras que la disposición final suele llevarse a cabo en vertederos regulados.

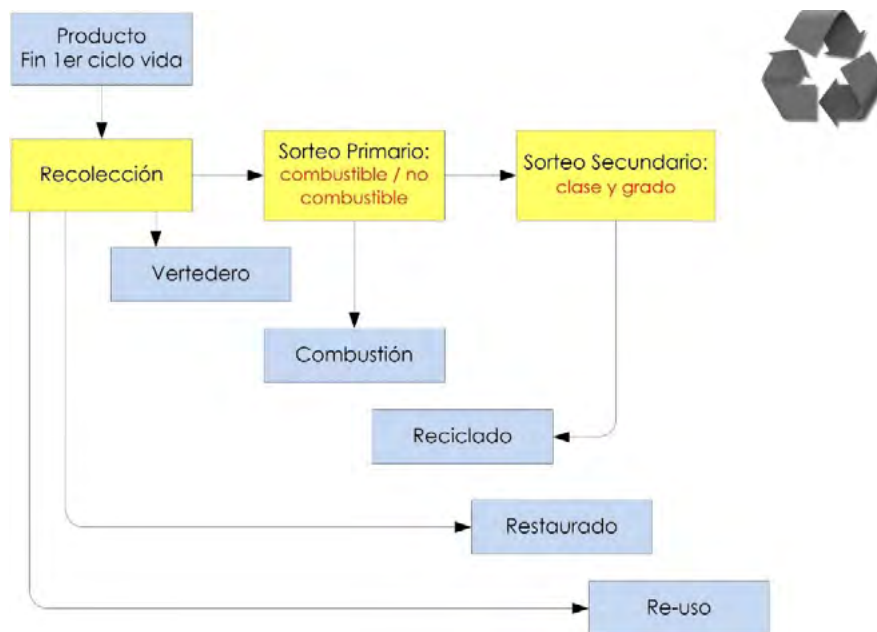


Figura 3. Opciones después del ciclo de vida de un producto. Todas las alternativas pasan por el proceso de recolección; el reciclaje requiere procesos adicionales de clasificación primaria y secundaria. Fuente: elaboración propia.



Actualmente, muchas empresas consideran el reciclaje de materiales como una oportunidad para maximizar beneficios y reducir el impacto ambiental generado tras el final del ciclo de vida de los productos. Sin embargo, existe una limitación importante en el uso de materiales reciclados debido principalmente a la falta de información técnica que relacione sus propiedades físicas con su historial de reciclaje. Esta información debería incorporarse desde la fase inicial del diseño del producto, de modo que sirva como referencia para simular proyectos y prever estrategias que mantengan la calidad de los materiales reciclados.

Por tanto, el análisis del ciclo de reciclaje de materiales constituye una herramienta que proporciona soporte científico y técnico para la selección de materiales. Este análisis utiliza información sobre propiedades físicas como parámetro para el diseño de productos, incluso después de varios ciclos de reciclaje.

Ejercicio práctico en la UACJ

La Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, como institución de enseñanza superior, es activa en la enseñanza de la sostenibilidad dentro de sus diversos programas disciplinarios. En particular, la Licenciatura en Diseño Industrial, a través de la asignatura “Sustentabilidad”, permite llevar a cabo ejercicios prácticos de diseño sostenible, como el que se describe a continuación.

Luminaria con papel reciclado y restos orgánicos de flores secas

Este estudio propone el diseño de un producto cuyos materiales provienen del reciclaje de otros productos que han terminado su ciclo de vida, con el propósito de que, desde la fase inicial del diseño, la enseñanza de la sostenibilidad se practique en el aula.

El proyecto de luminaria elaborada con materiales reciclados surge como una propuesta sostenible que combina diseño, funcionalidad y respeto por el medio ambiente. Su desarrollo busca demostrar que los materiales reciclados pueden transformarse en productos útiles y estéticamente atractivos, promoviendo una economía circular y un uso más eficiente de los recursos.

Para la fabricación de la luminaria, se emplea papel reciclado en la pantalla, incorporando flores prensadas para otorgarle un acabado decorativo distintivo. La base se elabora con trozos de madera recuperada, con el objetivo de reducir el desperdicio de materiales al reutilizarlos como recursos.

- » **Fase de bocetaje burdo.** Se realizó mediante dibujos rápidos, simples y sin detalles técnicos, con el objetivo de representar las ideas iniciales del proyecto y captar los conceptos principales. (Figura 4).



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

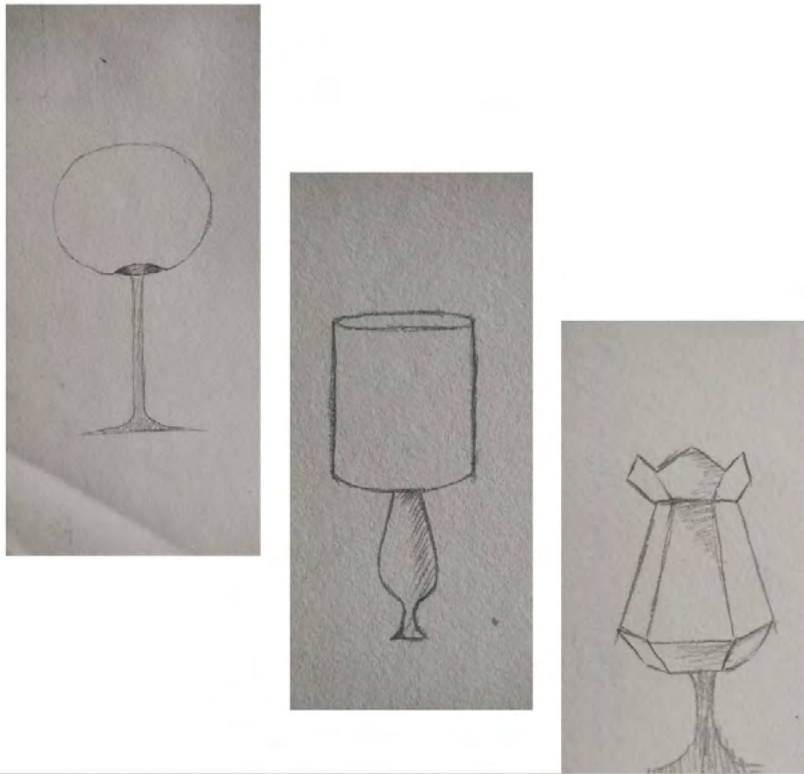


Figura 4. Ensayo de tres bocetos burdos de la luminaria con papel reciclado y restos orgánicos de flores secas. Fuente: elaboración propia.

- » **Boceto comprensivo.** En esta fase se ajustaron proporciones y se añadieron detalles preliminares al boceto seleccionado para continuar con el desarrollo del diseño. (Figura 5).



Figura 5. Boceto detallado de la luminaria. Se especifica el uso de papel reciclado obtenido mediante el molido y prensado de hojas reutilizables, la incorporación de flores prensadas en la pantalla, la selección de la paleta de colores y el uso de madera reciclada en la base, con una altura aproximada de 40 a 50 cm. Fuente: elaboración propia.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

- » **Boceto formal.** Mediante el uso del software Rhinoceros 8 (programa de modelado tridimensional asistido por computadora), se obtuvo el renderizado del diseño, incorporando volumen, profundidad y una apariencia tridimensional. (Figura 6).



Figura 6. Boceto formal renderizado de la luminaria. Fuente: elaboración propia.

- » **Obtención de materiales.** Esta etapa consistió en la recolección y preparación de madera reciclada y papel o cartón de empaque, utilizando herramientas domésticas para producir pasta de celulosa mediante licuado y prensado. (Figura 7).

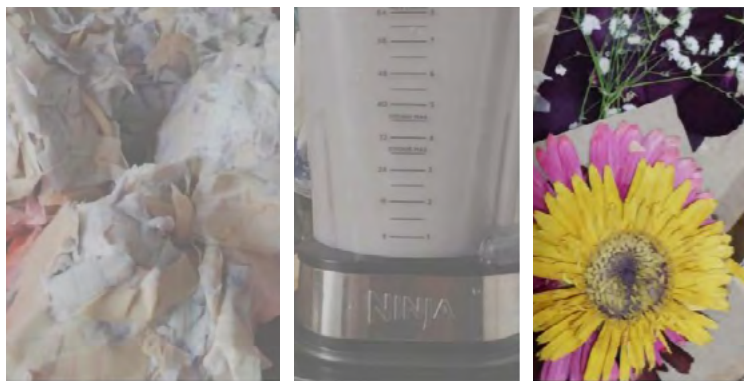


Figura 7. Reciclaje de materiales para la elaboración de la luminaria, incluyendo la obtención de pasta de celulosa y la selección de flores secas. Fuente: elaboración propia.

- » **Prueba de luminaria.** La fase final consistió en evaluar el funcionamiento del producto terminado, verificando su estabilidad, estética y calidad de iluminación. (Figura 8).



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO



Figura 8. Verificación de usabilidad de la luminaria elaborada con papel reciclado y restos orgánicos de flores secas. La lámpara genera una luz tenue y agradable adecuada para ambientes de descanso. Fuente: elaboración propia.

Conclusión

El diseño de una luminaria a partir del reuso de materiales provenientes de un producto que finalizó su ciclo de vida representa una enseñanza de la sostenibilidad en sus principios clave. Resulta fundamental promover la enseñanza de la sostenibilidad en las instituciones de educación superior, partiendo de fundamentos teóricos y de la aplicación de ensayos prácticos que fortalezcan la responsabilidad del estudiante al diseñar con el compromiso de buscar el equilibrio entre los aspectos sociales, ambientales y económicos, mediante los conocimientos y destrezas adquiridos en estos ejercicios.

La práctica de creación de la luminaria en este estudio, realizada conforme a los principios del diseño sostenible, se logró mediante el aprovechamiento adecuado de materiales sencillos y biodegradables. Es imprescindible que los docentes promuevan una enseñanza orientada a que los estudiantes identifiquen las conexiones entre los diferentes elementos que conforman su entorno, reflexionen sobre el contexto general de la sostenibilidad y comprendan de qué manera sus acciones y roles se integran en los sistemas y estructuras que los rodean. Esto contribuye a una comprensión más integral y a la formación de ciudadanos capaces de analizar, adaptarse y actuar de manera responsable frente a los retos de un mundo complejo y cambiante.

Referencias

- [1] J. C. Stephens y A. C. Graham, "Toward an empirical research agenda for sustainability in higher education," *J. Cleaner Prod.*, vol. 18, pp. 611–618, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.07.009>
- [2] H. N. Larsen et al., "Investigating the carbon footprint of a university," *J. Cleaner Prod.*, vol. 48, pp. 39–47, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.007>
- [3] R. Lozano, "Diffusion of sustainable development in universities' curricula," *J. Cleaner Prod.*, vol. 18, pp. 637–644, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.07.005>



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

- [4] T. Wass et al., “University research for sustainable development,” *J. Cleaner Prod.*, vol. 18, no. 7, pp. 629–636, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.09.017>
- [5] M. F. Ashby y K. Johnson, *Materials and Design*, Elsevier, 2013.
- [6] M. Gadotti, *Perspectivas actuales de la educación*, Siglo XXI, 2003.
- [7] D. Wakefield, “Screening Teacher Candidates,” *Educational Forum*, vol. 67, no. 4, pp. 380–388, 2003. <https://doi.org/10.1080/00131720308984587>



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO



CIENCIAS BÁSICAS

Ciencia Vital, Vol. 4, No. 1, enero-marzo 2026

<https://doi.org/10.20983/cienciavital.2026.01.bas.01>
e0401BAS01

Más allá de la cocina:

el nopal como biopolímero
con usos innovadores

Q.F.B. Emilio Juárez Hernández¹

Dra. Santos Adriana Martel Estrada²



¹ Universidad Autónoma del Estado de Morelos

<https://orcid.org/0000-0002-2359-4070>

² Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

<https://orcid.org/0000-0002-8803-9406>
adriana.martel@uacj.mx



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

RESUMEN

El nopal (*Opuntia ficus indica*) es una planta profundamente ligada a la cultura y alimentación en México, pero su importancia va mucho más allá de la cocina. Originaria de este país, forma parte de un género del que se han identificado alrededor de 110 especies. El nopal está compuesto por varias partes, como los cladodios o pencas (tallos planos donde se almacena agua), la fruta conocida como tuna, además de flores y semillas. Este artículo explora cómo una sustancia natural presente en el nopal, llamada mucilago, puede actuar como biopolímero, es decir, un material natural con propiedades similares a ciertos plásticos o geles industriales. Gracias a estas características, el nopal se investiga para diversas aplicaciones innovadoras: desde la encapsulación de medicamentos para mejorar su liberación en el organismo, hasta su uso en tratamiento de aguas, producción de biocombustibles, alimentación animal y empaques biodegradables para alimentos. Estos avances muestran que una planta tradicional puede convertirse en una alternativa sostenible para desarrollar nuevas tecnologías, contribuyendo al cuidado del ambiente y al aprovechamiento de recursos naturales con gran potencial para la sociedad.

Introducción

En este artículo se presenta una visión diferente de un ingrediente muy habitual en México: *Opuntia ficus indica*, conocida comúnmente como nopal. Esta es una de las plantas con mayor importancia en el país; no solo forma parte del escudo nacional, lo que la convierte en un símbolo de identidad, sino que también está presente en numerosos platillos tradicionales. Seguramente el lector reconoce preparaciones como la ensalada de nopal, el jugo verde o los nopalitos con huevo.

Sin embargo, estos no son los únicos usos de esta singular planta. El nopal también tiene gran relevancia en la industria mexicana. Se estima que el área de cultivo destinada a su consumo en el país es de alrededor de 10 000 hectáreas. Esta planta posee cuatro componentes principales: los cladodios (pencas), la fruta, las flores y las semillas. El nopal se encuentra generalmente en zonas áridas, y su capacidad para sobrevivir en ambientes con escasez de agua se debe al mucilago, una sustancia gelatinosa considerada un biopolímero (un polímero natural producido por organismos vivos) que funciona como retenedor de agua debido a sus propiedades [1].

Origen y distribución

En el ámbito científico, para diferenciar una planta de otra se utiliza la clasificación taxonómica, un sistema que permite ordenar y clasificar a los organismos vivos. La forma más básica de clasificación es la especie, que identifica a un grupo de seres vivos muy similares entre sí. Por ejemplo, en el caso de los perros, pueden existir diferentes tipos y tamaños, pero todos pertenecen a la misma especie porque pueden reproducirse entre sí y tener descendencia.

Se estima que existen 258 especies del género *Opuntia*, de las cuales 110 han sido completamente identificadas [2]. Después de la especie, los organismos se agrupan en familias, que reúnen especies con características en común. La especie *O. ficus indica* pertenece a la familia Cactaceae, originaria de México. Esta familia se divide en Pereskiae, Opuntieae y Cereae. Aunque todos son tipos de cactus, presentan diferencias importantes: los primeros tienen hojas, los segundos poseen pencas y los últimos presentan tallos cilíndricos.

El género *Opuntia* se divide en cuatro subgéneros de acuerdo con la forma del tallo: *Platyopuntia*, *Cylindropuntia*, *Tephrocactus* y *Brasiliopuntia*. Dentro del subgénero *Platyopuntia* se encuentra el grupo *Ficus-indica*, que a su vez incluye a *Opuntia ficus indica* (L.) Miller [3]. Esto indica que el nopal es un tipo de cactus con tallos planos llamados pencas.

Aunque esta planta es originaria de México, actualmente puede encontrarse en diversas regiones del continente americano con zonas áridas y semiáridas, como Perú, Bolivia, Brasil y



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

Estados Unidos. Con el paso del tiempo también se ha distribuido hacia regiones de Europa, como España e Italia, así como a Israel y zonas del Mediterráneo y del sur de África [4].

En México, el nopal se considera una de las plantas más comercializadas, con producciones que pueden alcanzar 50 toneladas de materia seca por hectárea al año. Generalmente se cultiva a altitudes cercanas a 180 metros sobre el nivel del mar y en periodos húmedos de verano, cuando las lluvias representan de 400 a 700 mm y la temperatura oscila aproximadamente entre 14 y 18 °C [5], [6].

Anatomía y fisiología

El nopal está formado por cuatro partes principales: los cladodios, la fruta, las flores y las semillas [7]. El cladodio, conocido popularmente como penca, tiene forma generalmente elíptica, aunque también puede encontrarse ovalado, circular, oblongo o rómbico. Dependiendo de la edad, recibe distintos nombres: nopalitos cuando es joven y pencas en la adultez [8].

Entre los dos y tres años de edad, los cladodios pueden alcanzar una anchura de 27 a 32 cm y una altura cercana a 63 cm [9]. Su epidermis consta de un tejido denominado clorénquima, formado por células verdes que realizan fotosíntesis, y una capa interna llamada parénquima, compuesta por células cilíndricas blanquecinas que forman la pulpa [10].

Las espinas, generalmente ausentes en algunas variedades, son hojas modificadas que se encuentran en los cladodios. Las aureolas también están presentes en estas estructuras y contienen tricomas, que son pequeños “pelitos” alrededor de las espinas [9], [11]. Al habitar en zonas áridas y semiáridas, el nopal retiene grandes cantidades de agua gracias al desarrollo del mucílago, una sustancia gelatinosa producida en las células del clorénquima y del parénquima [12].

La fruta, denominada tuna, consiste en pulpa, cáscara y semilla en concentraciones de 28-58 %, 37-67 % y 2-10 %, respectivamente. Puede tener forma esférica, cilíndrica o elíptica y generalmente presenta colores amarillo o rojo, aunque también existen variedades naranja, moradas y blancas. Estas tonalidades dependen de la relación entre las betalainas, pigmentos naturales que dan color a algunas plantas [3], [7].

Las flores comúnmente son amarillas, aunque también pueden ser naranjas, rosas, moradas, rojas y blancas [3]. La anatomía de *O. ficus indica* se puede observar en la (Figura 1).

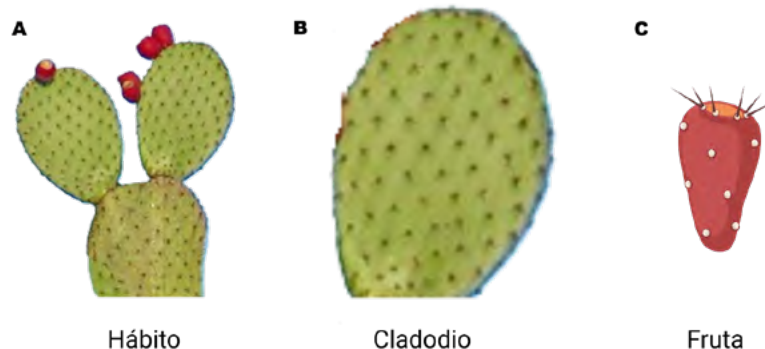


Figura 1. Anatomía de *Opuntia ficus indica*: A, hábito; B, cladodio; C, fruta. Fuente: [2].

Composición química del nopal

De acuerdo con diversos estudios, la composición del nopal está formada principalmente por carbohidratos y fibra, seguidos por proteínas y, en menor proporción, grasas [11]. El cladodio, el fruto e incluso la flor se utilizan como alimentos con abundante fibra y nutrientes [2], [13].



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

De la proporción total de fibra se derivan dos tipos: fibra soluble y fibra insoluble. La fibra soluble se compone de mucílago, gomas, hemicelulosa y pectina, mientras que la insoluble consiste en hemicelulosa, lignina y celulosa [14].

Los ácidos orgánicos más representativos son el málico, succínico y cítrico (71.8, 43 y 37 g/L, respectivamente), con concentraciones mayores en los cladodios que en la fruta y directamente proporcionales a la maduración de la planta [7].

Los compuestos fenólicos, relacionados con la actividad antioxidante, se encuentran principalmente en los cladodios más que en la fruta. Su contenido varía en función del grado de domesticación: las especies silvestres, como *O. streptacantha*, contienen una mayor concentración de estos compuestos, mientras que la más domesticada, en este caso *O. ficus indica*, presenta menores cantidades [15].

En los cladodios del nopal, el calcio es un mineral importante que se encuentra en cantidades de 18 a 57 mg por cada 100 gramos de peso seco [16]. Esta cantidad varía según la edad del cladodio: entre los 40 y 135 días de crecimiento, aumenta la presencia de calcio, probablemente porque se forman cristales de oxalato de calcio que ayudan a dar firmeza a la estructura de la planta. Además, el calcio está más presente en la fibra soluble que en la insoluble [17].

Otros minerales esenciales también están presentes en el nopal. Por ejemplo, se han medido cantidades de sodio, potasio y magnesio en valores aproximados de 19, 17 y 13 mg por gramo, respectivamente. Tanto el calcio como el magnesio tienden a aumentar a medida que el nopal envejece [18], [19].

Importancia del nopal

En México, la medicina tradicional ha utilizado los cladodios y la fruta para tratar enfermedades como arteriosclerosis, diabetes, gastritis e hiperglucemia [7]. El fruto de esta planta también se utiliza como alimento para producir vinos [20], jugos, edulcorantes, mermeladas y bebidas alcohólicas. Además, el alto contenido de carotenoides y compuestos fenólicos permite que tenga una alta actividad antioxidante. Por otro lado, la tuna también se utiliza como suplemento para cabras, borregos y vacas [2], [3], [5].

El nopal también es importante como biocombustible. Aunque en Chile surgió la primera planta de biogás en el año 2000, fue hasta 2016 cuando la compañía NopaliMex, en México, utilizó biogás basado en cladodios para producir calor, combustible, electricidad y fertilizante a partir de la digestión anaerobia, un proceso biológico en el que microorganismos descomponen materia orgánica sin presencia de oxígeno [21].

En países como México, Brasil y Túnez, los cladodios suelen utilizarse en la producción de carne como complemento al forraje nativo durante temporadas de sequía [22].

El polvo del cladodio también se utiliza en la industria cosmética para desarrollar productos de maquillaje y cuidado personal, debido a que ayuda a proteger las células de la piel de los daños causados por la radiación solar [21].

No obstante, una de las aplicaciones actuales más destacadas del nopal consiste en la extracción del mucílago que contiene. Esta sustancia es el componente pegajoso y gelatinoso presente en los cladodios y representa alrededor del 14 % de su peso cuando están secos, y cerca del 1.5 % cuando están frescos. Se produce principalmente en las células internas del nopal y tiene la capacidad de retener grandes cantidades de agua, funcionando como un gel natural [10].

El mucílago del nopal está formado por varios tipos de azúcares, entre los que destacan la arabinosa, galactosa, ácido galacturónico, ramnosa y xilosa, así como pectina [4], [17]. De este mucílago pueden obtenerse dos tipos de extractos: uno que forma gel y otro que no. El primero está compuesto principalmente por pectina, mientras que el segundo contiene en mayor proporción otros azúcares [23].

Se han reportado diversos beneficios para la salud asociados con el mucílago, incluyendo propiedades relacionadas con la reducción del colesterol y la glucosa en sangre, así como con



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

la atención de úlceras gástricas [24]; también se ha estudiado su actividad antioxidante [25] y antiinflamatoria [26], entre otras.

Además, el mucílago se emplea en la remoción de partículas contaminantes durante el tratamiento de aguas. Esta sustancia actúa como agente coagulante-precipitante, es decir, ayuda a agrupar y separar partículas suspendidas en el agua. Puede utilizarse para precipitar diversos coloides, como arsénico, arcilla de caolín y residuos de la industria textil, con el fin de buscar alternativas biodegradables para la potabilización del agua [27].

En farmacia, el mucílago se usa como agente encapsulante de medicamentos y suplementos alimenticios, permitiendo menor humedad y solubilidad, lo que ayuda a liberar el fármaco en el sistema digestivo (Figura 2) [24]. Como empaque de alimentos, protege los productos contra la oxidación y la pérdida de valor nutricional. Estos recubrimientos actúan como barreras frente al vapor de agua y gases como el CO₂ y el oxígeno, evitando la deshidratación y la oxidación (Figura 3) [25].

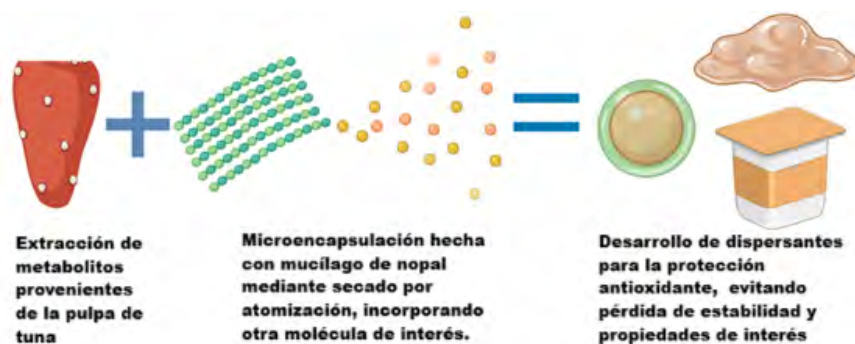


Figura 2. Microencapsulación de subproductos del nopal. La microencapsulación aumenta la estabilidad y reduce la oxidación de los compuestos, lo que ayuda a conservar sus propiedades organolépticas. También funciona como un recubrimiento que mantiene intacto el valor nutricional del producto.

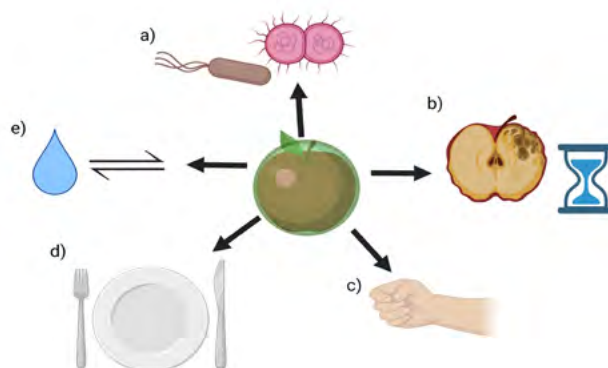


Figura 3. Beneficios del nopal. Algunos beneficios del uso de una película comestible para el recubrimiento de frutas son: a) acción antimicrobiana, al inhibir el crecimiento bacteriano; b) mayor tiempo antes del pardeamiento; c) protección ante daños mecánicos; d) es comestible y no desarrolla cambios drásticos en las características organolépticas; e) puede utilizarse para regular la permeabilidad a gases y el flujo de humedad.

Por otro lado, el mucílago de nopal ha mostrado ser útil en la construcción. En concreto, se ha usado como aditivo para mejorar propiedades como la resistividad eléctrica, reducir la porosidad y prevenir el paso de cloruros. Además, ayuda a retardar el fraguado y disminuir la



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

corrosión del acero en estructuras expuestas a dióxido de carbono, con eficiencias de protección de hasta 90 % [26].

Retos de la industria alternativa del nopal

Aunque, sin duda, el uso del nopal en diferentes aplicaciones es prometedor, actualmente algunos de los retos que presenta su aprovechamiento incluyen los siguientes:

- » la optimización de plantas piloto para extraer mucílago y pectina con fines farmacéuticos e industriales [27];
- » la necesidad de realizar más investigaciones para estudiar a profundidad la actividad biológica de los componentes del nopal [28], [29];
- » el desarrollo de formas de reforzar las películas obtenidas a partir de subproductos del nopal para mejorar su resistencia mecánica y evitar que se rompan fácilmente [30].

Conclusión

El nopal forma parte de la cocina tradicional mexicana. No obstante, el uso de esta planta va mucho más allá del ámbito alimenticio. Se emplea por su actividad hipoglucemiante e hipolipemiante, es decir, por su capacidad para ayudar a disminuir el azúcar y las grasas en el organismo. También se utiliza como recubrimiento de medicamentos, en la industria de la construcción, en cosméticos y en otras aplicaciones innovadoras.

Una de sus ventajas es que no requiere grandes cantidades de agua para su cultivo y puede cosecharse varias veces al año, lo que favorece una agricultura más sostenible. Por otro lado, el uso del mucílago como agente coadyuvante en el tratamiento de úlceras gástricas representa uno de los beneficios más relevantes que este biopolímero puede ofrecer. Todo ello convierte al nopal en una alternativa sostenible con potencial para la fabricación de biopolímeros, alimentos y medicamentos.

Referencias

- [1] X. Zhong, X. Jin, F. Lai, Q. Lin and J. Jiang, "Chemical analysis and antioxidant activities in vitro of polysaccharide extracted from *Opuntia ficus indica* Mill. cultivated in China," *Carbohydrate Polymers*, vol. 82, no. 3, pp. 722–727, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.05.042>.
- [2] A. R. Garcia, "Meta-analysis: Effects of *Opuntia* species," tesis de maestría, University of North Texas Health Science Center at Fort Worth, 2000.
- [3] M. Aragona, E. R. Lauriano, S. Pergolizzi and C. Faggio, "Opuntia ficus-indica (L.) Miller as a source of bioactivity compounds for health and nutrition," *Natural Product Research*, vol. 32, no. 17, pp. 2037–2049, 2018, doi: <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1365073>.
- [4] C. Sáenz, E. Sepúlveda and B. Matsuhira, "Opuntia spp. mucilage's: A functional component with industrial perspectives," *Journal of Arid Environments*, vol. 57, no. 3, pp. 275–290, 2004, doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(03\)00106-X](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(03)00106-X).
- [5] F. J. Barba et al., "Opuntia ficus indica edible parts: A food and nutritional security perspective," *Food Reviews International*, 2020, doi: <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1756844>.
- [6] S. Bensadón, D. Hervert-Hernández, S. G. Sáyago-Ayerdi and I. Goñi, "By-products of *Opuntia ficus-indica* as a source of antioxidant dietary fiber," *Plant Foods for Human Nutrition*, vol. 65, no. 3, pp. 210–216, 2010, doi: <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0176->



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL

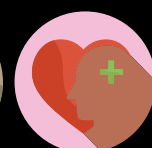


UACJ
POR EL MUNDO

- 2.
- [7] L. Andreu, N. Nuncio-Jáuregui, Á. A. Carbonell-Barrachina, P. Legua and F. Hernández, "Antioxidant properties and chemical characterization of Spanish *Opuntia ficus-indica* Mill. cladodes and fruits," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 98, no. 4, pp. 1566–1573, 2018, doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8628>.
- [8] D. Torres-Ponce, R. L. Morales-Corral, M. de L. Ballinas-Casarrubias and G. V. Nevárez-Moorillón, "El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal," *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 66, pp. 1129–1142, 2015.
- [9] C. G. Hernández-Carrillo, J. A. Gómez-Cuaspud and C. E. Martínez Suarez, "Compositional, thermal and microstructural characterization of the nopal (*Opuntia ficus indica*) for addition in commercial cement mixtures," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 935, p. 012045, 2017, doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/935/1/012045>.
- [10] E. Sepúlveda, C. Sáenz, E. Aliaga and C. Aceituno, "Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp.," *Journal of Arid Environments*, vol. 68, no. 4, pp. 534–545, 2007, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.08.001>.
- [11] P. I. Angulo-Bejarano and O. Paredes-López, "Nopal: A perspective view on its nutraceutical potential," *ACS Symposium Series*, vol. 1109, pp. 113–159, 2012, doi: <https://doi.org/10.1021/bk-2012-1109.ch009>.
- [12] S. M. Miller, E. J. Fugate, V. O. Craver, J. A. Smith and J. B. Zimmerman, "Toward understanding the efficacy and mechanism of *Opuntia* spp. as a natural coagulant for potential application in water treatment," *Environmental Science & Technology*, vol. 42, no. 12, pp. 4274–4279, 2008, doi: <https://doi.org/10.1021/es7025054>.
- [13] C. López-Palacios, C. B. Peña-Valdivia, A. I. Rodríguez-Hernández and J. A. Reyes-Agüero, "Rheological flow behavior of structural polysaccharides from edible tender cladodes of wild, semidomesticated and cultivated 'nopal' (*Opuntia*) of Mexican highlands," *Plant Foods for Human Nutrition*, vol. 71, pp. 388–395, 2016, doi: <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0573-2>.
- [14] E. Salehi, Z. Emam-Djomeh, G. Askari and M. Fathi, "Opuntia ficus indica fruit gum: Extraction, characterization, antioxidant activity and functional properties," *Carbohydrate Polymers*, vol. 206, pp. 565–572, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.11.035>.
- [15] A. Negre-Salvayre et al., "Phenolic compounds accumulation in wild and domesticated cladodes from *Opuntia* spp.," *ACS Symposium Series*, vol. 1286, pp. 371–382, 2018, doi: <https://doi.org/10.1021/bk-2018-1286.ch020>.
- [16] G. Ginestra et al., "Anatomical, chemical, and biochemical characterization of cladodes from prickly pear," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 57, no. 21, pp. 10323–10330, 2009, doi: <https://doi.org/10.1021/jf9022096>.
- [17] R. I. Ventura-Aguilar, E. Bosquez-Molina, S. Bautista-Baños and F. Rivera-Cabrera, "Cactus stem (*Opuntia ficus-indica* Mill): anatomy, physiology and chemical composition with emphasis on its biofunctional properties," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 97, no. 15, pp. 5065–5073, 2017, doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8493>.
- [18] M. I. Hernández-Urbiola et al., "Study of nutritional composition of nopal (*Opuntia ficus indica* cv. Redonda) at different maturity stages," *The Open Nutrition Journal*, vol. 4, pp. 11–16, 2010, doi: <https://doi.org/10.2174/1874288201004010011>.
- [19] M. Missaoui et al., "Characterization of micronutrients, bioaccessibility and antioxidant activity of prickly pear cladodes," *Molecules*, vol. 25, 2020, doi: <https://doi.org/10.3390/molecules25092176>.
- [20] J. L. Guerrero Rodríguez, "Diseño del proceso industrial para la obtención de vino a base de tuna (*Opuntia ficus indica*)," tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018.
- [21] R. Ciriminna, N. Chavarría-Hernández, A. I. Rodríguez-Hernández and M. Pagliaro, "Toward unfolding the bioeconomy of nopal (*Opuntia* spp.)," *Biofuels, Bioproducts and*



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

- Biorefining, vol. 13, pp. 1417–1427, 2019, doi: <https://doi.org/10.1002/bbb.2018>.
- [22] J. M. Feugang, “Nutritional and medicinal use of cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits,” *Frontiers in Bioscience*, vol. 11, p. 2574, 2006, doi: <https://doi.org/10.2741/1992>.
- [23] D. I. Fox, T. Pichler, D. H. Yeh and N. A. Alcantar, “Removing heavy metals in water: The interaction of cactus mucilage and arsenate,” *Environmental Science & Technology*, vol. 46, no. 8, pp. 4553–4559, 2012, doi: <https://doi.org/10.1021/es2021999>.
- [24] L. R. Camelo Caballero et al., “Preparation and physicochemical characterization of softgels cross-linked with cactus mucilage extracted from cladodes of *Opuntia ficus-indica*,” *Molecules*, vol. 24, p. 2531, 2019, doi: <https://doi.org/10.3390/molecules24142531>.
- [25] I. Ammar, M. Ennouri and H. Attia, “Phenolic content and antioxidant activity of cactus flowers according to extraction method,” *Industrial Crops and Products*, vol. 64, pp. 97–104, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.030>.
- [26] J. Wiese, S. McPherson, M. C. Odden and M. G. Shlipak, “Effect of *Opuntia ficus indica* on symptoms of alcohol hangover,” *Archives of Internal Medicine*, vol. 164, no. 12, p. 1334, 2004, doi: <https://doi.org/10.1001/archinte.164.12.1334>.
- [27] J. A. Figueiróa et al., “*Opuntia ficus-indica* as biosorbent for chromium removal in leather industry effluents,” *Heliyon*, vol. 7, p. e07292, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07292>.
- [28] J. H. Han, “Edible films and coatings: A review,” in *Innovations in Food Packaging*, 2nd ed., pp. 213–255, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394601-0.00009-6>.
- [29] G. F. A. de Souza et al., “*Opuntia ficus-indica* mucilage: A sustainable bio-additive for cementitious materials,” *Construction and Building Materials*, vol. 456, p. 139254, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.139254>.
- [30] E. M. Galati et al., “*Opuntia ficus indica* mucilages show cytoprotective effect on gastric mucosa in rat,” *Phytotherapy Research*, vol. 21, pp. 344–346, 2007, doi: <https://doi.org/10.1002/ptr.2075>.
- [31] N. Bayar, M. Kriaa and R. Kammoun, “Extraction and characterization of three polysaccharides extracted from *Opuntia ficus indica* cladodes,” *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 92, pp. 441–450, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.07.042>.
- [32] R. Gheribi and K. Khwaldia, “Cactus mucilage for food packaging applications,” *Coatings*, vol. 9, no. 10, p. 655, 2019, doi: <https://doi.org/10.3390/coatings9100655>.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO



CIENCIAS DE LA SALUD

Ciencia Vital, Vol. 4, No. 1, enero-marzo 2026

<https://doi.org/10.20983/cienciavital.2026.01.sal.01>
e0401SAL01

CIENCIA VITAL
Revista de Divulgación Científica de la UACJ
ISSN: 2630-2944

Curación de heridas

a través del uso de
nanomateriales de carbono

Mtra. Rosa Bonilla Peregrino¹

Dra. Beatriz Liliana España Sánchez²



¹ Centro de Investigación y Desarrollo
Tecnológico en Electroquímica

² Centro de Investigación y Desarrollo
Tecnológico en Electroquímica
<https://orcid.org/0000-0002-6015-6037>. lespana@cideteq.mx



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

RESUMEN

La piel es el órgano más grande del cuerpo humano y actúa como una barrera natural que nos protege de microorganismos como bacterias y virus. Sin embargo, cuando se producen lesiones o heridas, esta protección se debilita y aumenta el riesgo de infección. En la búsqueda de nuevas estrategias para mejorar la cicatrización, la nanotecnología —una rama de la ciencia que estudia materiales extremadamente pequeños, miles de veces más delgados que un cabello humano— ha abierto posibilidades prometedoras. Este artículo explica de manera clara cómo ocurre el proceso natural de curación de una herida y cómo los **nanomateriales de carbono**, diminutas estructuras formadas por átomos de carbono, pueden ayudar a acelerarlo. Gracias a sus propiedades antibacterianas y a su capacidad para interactuar con las células del cuerpo, estos materiales pueden mantener la herida libre de microorganismos y favorecer la regeneración del tejido. Comprender estas innovaciones científicas no solo amplía nuestro conocimiento sobre la cicatrización, sino que también contribuye al desarrollo de tratamientos más eficaces para heridas comunes y crónicas, con posibles beneficios para la salud y la calidad de vida de muchas personas.

La piel es nuestro escudo en la batalla contra los microbios

La piel es el órgano más grande de nuestro cuerpo y nos protege de la entrada de microorganismos patógenos, como bacterias y virus [1], [2]. La piel se compone de tres capas conocidas como epidermis, dermis e hipodermis. La epidermis es una capa delgada y externa que interactúa con el ambiente. La dermis es una capa interna de mayor grosor, mientras que la hipodermis es una capa inferior compuesta principalmente de tejido graso (Figura 1).

Al ser una barrera protectora, la piel es susceptible de sufrir daños por factores externos que pueden ocasionar lesiones de distintos niveles de gravedad y diferentes tiempos de curación [3]. Estas lesiones comúnmente se conocen como heridas. Para fines prácticos, las heridas se han clasificado en función del tiempo de cicatrización en heridas agudas y crónicas [4].

Las heridas agudas tienden a curarse dentro de un periodo aproximado de dos semanas. En cambio, en las heridas crónicas el tiempo de curación puede exceder las seis semanas. Enfermedades como la diabetes, las afecciones autoinmunes y algunas infecciones suelen complicar el proceso de curación y aumentar los tiempos de recuperación, lo que a largo plazo puede comprometer la salud.

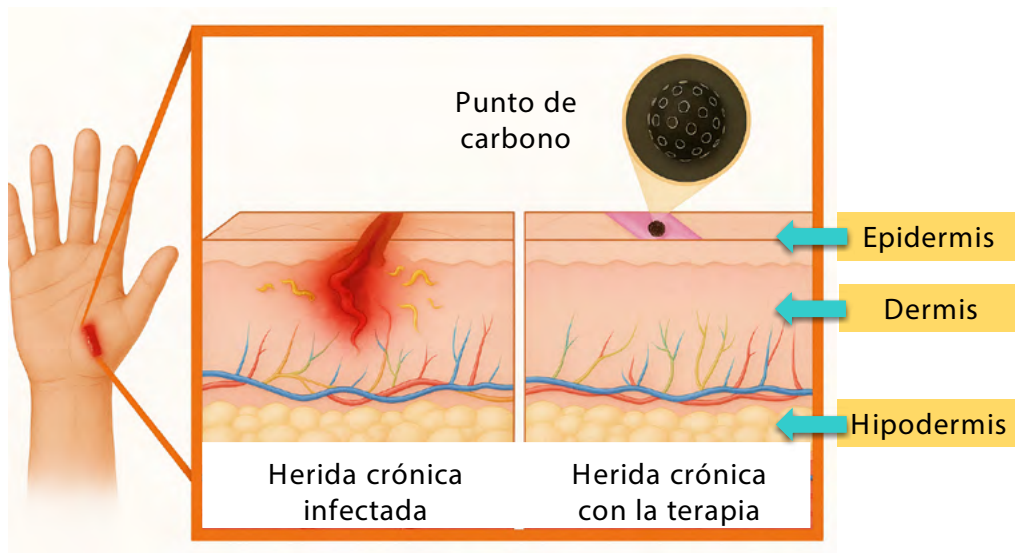


Figura 1. Heridas crónicas de la piel con infección bacteriana y terapia antibacteriana.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

¿Conoces el proceso de curación de una herida?

Cuando se produce una herida, el tejido de la piel se daña en mayor o menor medida y queda expuesto a bacterias patógenas que pueden causar infecciones y malestares en el sitio afectado [4]. No obstante, el cuerpo humano posee un complejo mecanismo de reparación que se activa inmediatamente después de la lesión.

El proceso de curación de una herida implica una serie de fases coordinadas que trabajan juntas para reparar y restaurar el tejido dañado. Entre estas fases se encuentran la **hemostasia**, la **inflamación**, la **proliferación** y la **remodelación**. Sin embargo, este proceso puede variar dependiendo del estado de salud de la persona y de la gravedad de la herida.

I. Hemostasia

La hemostasia es la primera fase del proceso de curación y se encarga de detener el sangrado de los vasos sanguíneos abiertos por la herida mediante un proceso conocido como **coagulación sanguínea**. Para lograrlo, los vasos sanguíneos lesionados se contraen rápidamente y las plaquetas, junto con otras sustancias presentes en la sangre, forman un coágulo que previene el sangrado excesivo y sella temporalmente la herida para evitar la contaminación del medio exterior [1], [3]–[5].

II. Inflamación

La inflamación es la fase que sigue a la hemostasia. En esta etapa se limpia y prepara la zona de la herida mediante la acción de diversas células del sistema inmunológico presentes en la sangre, como los **glóbulos blancos o leucocitos**, entre ellos los **neutrófilos** y los **macrófagos**. Estas células eliminan restos de células muertas, cuerpos extraños y microorganismos, evitando infecciones que podrían interferir con el proceso de curación [1], [4], [5].

III. Proliferación

La proliferación es la tercera fase del proceso de curación y consiste en la **restauración celular**, es decir, la generación de nuevo tejido que reemplaza al tejido dañado o perdido. Células especializadas de la piel, como los **queratinocitos** y los **fibroblastos**, producen colágeno y otras sustancias que rellenan el espacio de la herida.

Durante esta fase también ocurre la **angiogénesis**, que es el proceso mediante el cual se forman nuevos vasos sanguíneos para reemplazar a los que resultaron dañados [1], [3]. Los vasos sanguíneos son conductos por los cuales circula la sangre y permiten transportar oxígeno y nutrientes hacia el tejido en proceso de reparación [1], [4], [5].

IV. Remodelación

La remodelación es la última fase del proceso de cicatrización. En esta etapa, el tejido nuevo que se formó durante la fase de proliferación se reorganiza gradualmente para asemejarse lo más posible al tejido original [3]. Este proceso suele comenzar aproximadamente tres semanas después de la lesión y puede prolongarse hasta por un año [1], [4], [5].

Curación de heridas utilizando nanomateriales de carbono

En la actualidad existen avances importantes en las investigaciones médicas orientadas a mejorar la curación de heridas. Sin embargo, las heridas crónicas, como las que se presentan en personas con diabetes o en casos de quemaduras [6], siguen representando un reto para la medicina.

Además, estas heridas suelen ser más susceptibles a infecciones, lo que complica el proceso de recuperación, prolonga el tiempo de reparación y aumenta los costos de tratamiento.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

¿Qué son las nanoestructuras de carbono?

Las **nanoestructuras de carbono** son un tipo de nanomaterial formado principalmente por átomos de carbono. Estas estructuras se encuentran a escala nanométrica (una millonésima parte de un milímetro) y pueden adquirir funciones específicas cuando se modifican mediante la incorporación de grupos químicos en su superficie [5].

En el contexto de la curación de heridas, estas nanoestructuras han despertado un gran interés en la comunidad científica debido a sus propiedades de **biocompatibilidad**, **actividad antibacteriana** y **capacidad para promover la regeneración del tejido**.

La **biocompatibilidad** significa que estos materiales pueden interactuar con las células del cuerpo sin causar efectos tóxicos ni provocar rechazo [4], [7], [8]. Además, los materiales a nanoescala poseen la capacidad de eliminar bacterias que causan infecciones [5], [8]–[10], por lo que pueden contribuir a prevenir infecciones en heridas.

El pequeño tamaño de las nanoestructuras de carbono también les permite ingresar al interior de las células presentes en el sitio de la herida mediante un proceso llamado **absorción celular**, lo que facilita su interacción con el tejido dañado y potencia su efecto terapéutico [5], [7].

Asimismo, cuando estas estructuras se modifican con otros átomos o compuestos, pueden adquirir **propiedades antioxidantes**, que ayudan a proteger el tejido en proceso de curación del daño causado por moléculas altamente reactivas conocidas como radicales libres [5], [10] (Figura 2).

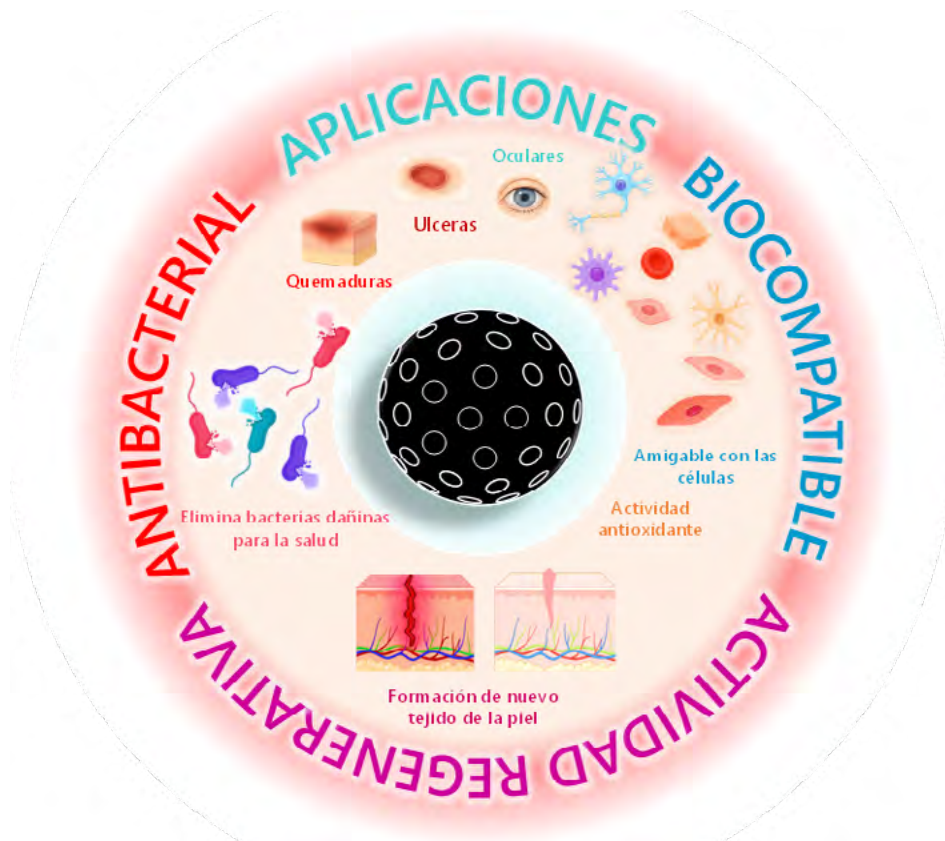


Figura 2. Propiedades de las nanoestructuras de carbono en la piel y sus aplicaciones.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

Efectos de las nanoestructuras de carbono en la curación de heridas

I. Hemostasia

Diversos estudios han demostrado que algunas nanoestructuras de carbono derivadas de plantas medicinales pueden tener efectos positivos en la fase de hemostasia. Estas nanoestructuras pueden activar las vías de coagulación y aumentar la actividad de las plaquetas, las células encargadas de detener el sangrado, lo que favorece una coagulación más rápida [11], [12] (Figura 3).

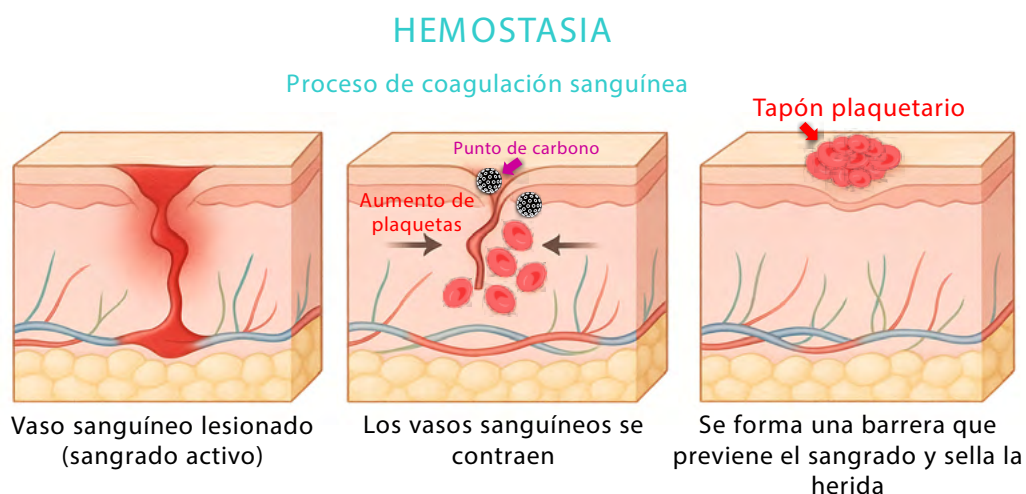


Figura 3. Efectos positivos de las nanoestructuras de carbono en la fase de hemostasia.

II. Inflamación

Durante el proceso de curación de una herida, la fase de inflamación puede prolongarse debido a diversas complicaciones, como infecciones bacterianas, lo que retrasa las etapas posteriores del proceso de reparación. Una inflamación prolongada también puede provocar daño en los tejidos y aumentar el riesgo de infección.

Las nanoestructuras de carbono pueden intervenir en los procesos inflamatorios [10], [13] gracias a sus propiedades **antiinflamatorias** y **antimicrobianas**, favoreciendo la regeneración del tejido durante la fase de proliferación y reduciendo el tiempo total de curación [5]

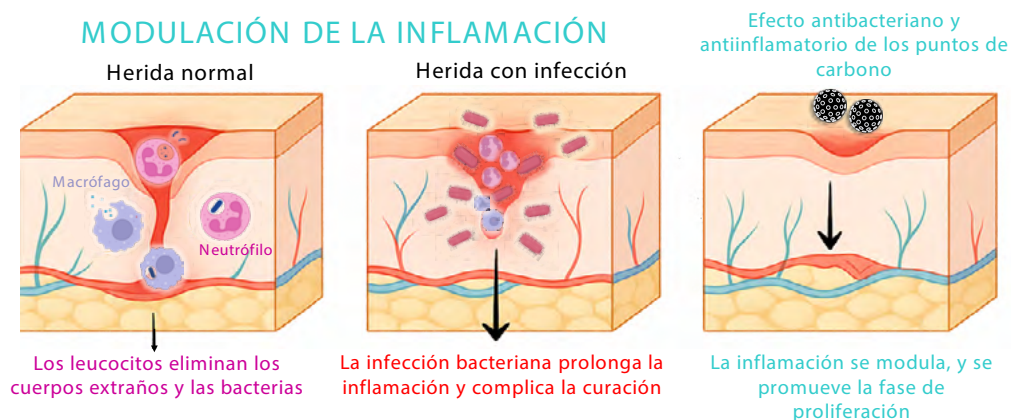


Figura 4. Efectos positivos de las nanoestructuras de carbono en la fase de inflamación.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

III. Angiogénesis

Las nanoestructuras de carbono también pueden promover la formación de nuevos vasos sanguíneos mediante el proceso conocido como **angiogénesis**, al estimular la expresión de factores biológicos que activan este mecanismo [2], [5]. Esto mejora la circulación sanguínea en la zona afectada y favorece el transporte de oxígeno y nutrientes hacia el sitio de la herida.

Como resultado, se estimula la formación de nuevo tejido y se reduce el riesgo de infección, ya que un mejor flujo sanguíneo facilita la llegada de células del sistema inmunológico que ayudan a combatir bacterias (**Figura 5**).

ANGIOGÉNESIS ACTIVA (Formación de nuevos vasos sanguíneos)

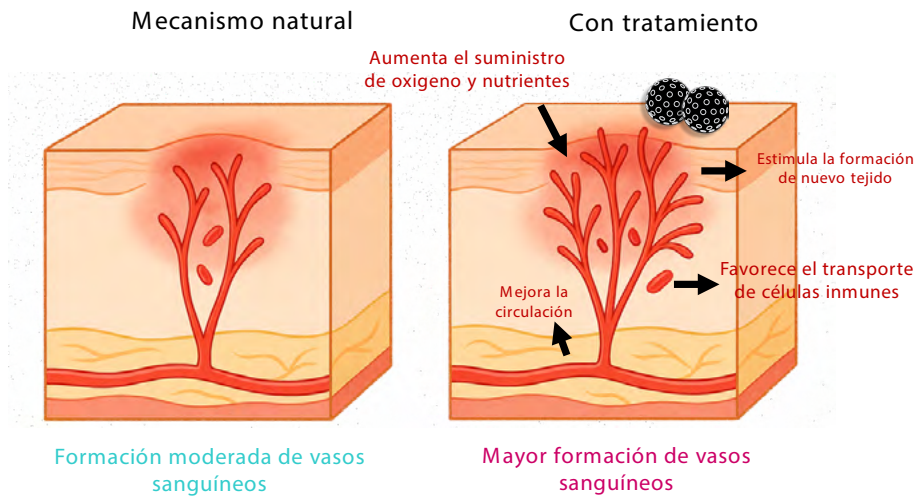


Figura 5. Efectos positivos de las nanoestructuras de carbono en el proceso de angiogénesis.

IV. Migración, proliferación y diferenciación celular

Durante el proceso de curación de una herida, las células cercanas al borde de la lesión se activan y se desplazan hacia el centro del daño. Este proceso se conoce como **migración celular** y es fundamental para la formación de nuevo tejido.

Una vez en la herida, las células comienzan a dividirse. En cada división celular, una célula genera dos células hijas, lo que permite que el tejido se multiplique y cubra el área dañada. Posteriormente, estas células adquieren funciones específicas mediante un proceso llamado **diferenciación celular**. Un ejemplo de ello es la formación de queratinocitos y fibroblastos, responsables de producir **colágeno**, un componente esencial para la reparación del tejido [1].

Las nanoestructuras de carbono poseen la capacidad de imitar el entorno natural de las células [5]. Durante la migración celular, las células requieren una estructura de soporte llamada **matriz extracelular**, que les permite desplazarse. Las nanoestructuras de carbono pueden actuar como puntos de anclaje temporales que facilitan la adhesión y el movimiento celular.

Gracias a la textura y composición química de su superficie, estas nanoestructuras favorecen la migración celular en el sitio de la herida. De esta manera, apoyan la capacidad natural del organismo para reparar los tejidos dañados y promueven una curación más rápida y eficaz.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
 POR EL MUNDO

Referencias

- [1] S.-K. Han, *Basics of Wound Healing*. Singapore: Springer, 2023, pp. 1–42. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-19-9805-8_1.
- [2] N. K. Hajishoreh *et al.*, “The recent development of carbon-based nanoparticles as a novel approach to skin tissue care and management: A review,” *Experimental Cell Research*, vol. 433, p. 113821, 2023. doi: <https://doi.org/10.1016/j.yexcr.2023.113821>.
- [3] H. N. Wilkinson and M. J. Hardman, “Wound healing: Cellular mechanisms and pathological outcomes,” *Open Biology*, vol. 10, no. 9, 2020. doi: <https://doi.org/10.1098/rsob.200223>.
- [4] R. Chandrasekaran *et al.*, “Harnessing the therapeutic potential of carbon dots for efficient wound healing management,” *Bionanoscience*, vol. 15, pp. 1–21, 2025. doi: <https://doi.org/10.1007/s12668-024-01234-x>.
- [5] B. Barik *et al.*, “Functionalized carbon nanostructures for wound healing,” in *Handbook of Functionalized Carbon Nanostructures*, Cham: Springer, 2024, pp. 2309–2354. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-32150-4_79.
- [6] D. Prakashan *et al.*, “Nanomaterial-based wound therapy: Recent advances and future perspectives,” in *Nanomaterials for Biomedical Bioengineering Applications*. Singapore: Springer, 2024, pp. 221–247. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-97-0221-3_9.
- [7] S. Masoudi Asil *et al.*, “Theranostic applications of multifunctional carbon nanomaterials,” *VIEW*, vol. 4, no. 2, p. 20220056, 2023. doi: <https://doi.org/10.1002/viw.20220056>.
- [8] M. Omid, A. Yadegari, and L. Tayebi, “Wound dressing application of pH-sensitive carbon dots/chitosan hydrogel,” *RSC Advances*, vol. 7, pp. 10638–10649, 2017. doi: <https://doi.org/10.1039/C6RA27302A>.
- [9] S. C. Wei *et al.*, “Light-triggered programmable states of carbon dot liposomes accelerate chronic wound healing via photocatalytic cascade reaction,” *Carbon*, vol. 201, pp. 952–961, 2023. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2022.09.083>.
- [10] N. Chauhan, K. Saxena, and U. Jain, “Carbon-based nanomaterials in wound care management: A new and pristine strategy,” *Biomedical Materials & Devices*, vol. 1, pp. 108–121, 2023. doi: <https://doi.org/10.1007/s44174-023-00032-3>.
- [11] X. Zhu *et al.*, “Herbal medicine-inspired carbon quantum dots with antibiosis and hemostasis effects for promoting wound healing,” *ACS Applied Materials & Interfaces*, vol. 16, pp. 8527–8537, 2024. doi: <https://doi.org/10.1021/acsami.3c18032>.
- [12] W. K. Luo *et al.*, “Herbal medicine derived carbon dots: synthesis and applications in therapeutics, bioimaging and sensing,” *Journal of Nanobiotechnology*, vol. 19, no. 1, pp. 1–30, 2021. doi: <https://doi.org/10.1186/s12951-021-01021-5>.
- [13] J. Li *et al.*, “Green preparation of ginger-derived carbon dots accelerates wound healing,” *Carbon*, vol. 208, pp. 208–215, 2023. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2023.03.032>.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



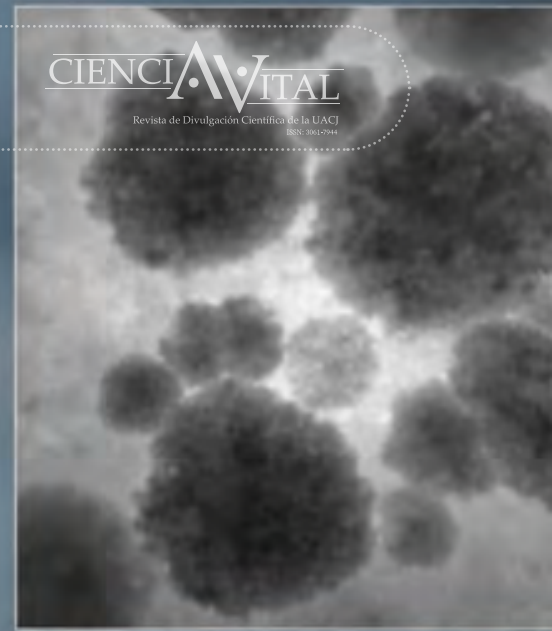
UACJ
POR EL MUNDO



CIENCIAS DE LA SALUD

Ciencia Vital, Vol. 4, No. 1, enero-marzo 2026

<https://doi.org/10.20983/cienciavital.2026.01.sal.02>
e0401SAL02



Nanopartículas de plata y quitosano:

una alianza inteligente para acelerar la cicatrización de heridas

Dra. Sarai Esmeralda Favela Camacho¹

Dr. Roberto Sánchez Sánchez²

Ing. Laura Giselle Sáenz Flores³

Ing. Jorge David García Rodríguez⁴



¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0000-0002-3420-4939>
sarai.favela@uacj.mx

² Instituto Nacional de Rehabilitación LGI

³ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

⁴ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

RESUMEN

Las heridas, especialmente aquellas que presentan infecciones o procesos de cicatrización lenta, siguen siendo un desafío clínico en la medicina moderna. En este contexto, la nanotecnología ofrece soluciones innovadoras mediante el desarrollo de materiales biocompatibles y con propiedades antimicrobianas. Este artículo explica, de forma accesible, cómo las nanopartículas de plata y el biopolímero natural quitosano pueden combinarse para crear un material capaz de acelerar la cicatrización, prevenir infecciones y mejorar la calidad de vida de los pacientes. Se presentan los fundamentos de su funcionamiento, su elaboración general y los principales avances de investigación en esta área, con énfasis en su potencial aplicación en el tratamiento de heridas.

Introducción

Una herida es cualquier daño que interrumpe la continuidad de la piel o de un tejido vivo [1]. Puede producirse por situaciones cotidianas como cortes, quemaduras o golpes, y su curación no siempre es rápida ni sencilla. El tiempo que tarda una herida en sanar depende de varios factores, como qué tan profunda es, en qué parte del cuerpo se encuentra y el estado de salud de la persona. En casos más complicados, como las úlceras en personas con diabetes o las quemaduras graves, el cuerpo tiene mayores dificultades para regenerar el tejido, lo que retrasa la recuperación y aumenta el riesgo de infecciones [2].

Durante muchos años, el cuidado de las heridas se ha basado principalmente en el uso de gasas estériles y antibióticos aplicados directamente sobre la piel. Aunque estos métodos han sido útiles, en la actualidad existe un problema importante: cada vez hay más bacterias que se vuelven resistentes a los antibióticos. Esta situación ha impulsado la búsqueda de nuevas formas de tratar las heridas que sean más eficaces y ayuden a prevenir complicaciones relacionadas con las infecciones [3], [4].

En este contexto, la nanotecnología, que trabaja con materiales extremadamente pequeños (del orden de nanómetros, es decir, milmillonésimas de metro), ha abierto nuevas oportunidades en la medicina. Las nanopartículas de plata (AgNPs) han demostrado ser muy eficaces para eliminar bacterias, mientras que el quitosano (Cs), un material natural obtenido de los caparzones de crustáceos como camarones y cangrejos, es seguro para el cuerpo y favorece la regeneración de la piel [5], [6]. Al combinar ambos materiales, se obtienen materiales inteligentes capaces de liberar la plata de forma controlada y, al mismo tiempo, apoyar el proceso natural de cicatrización, lo que los convierte en una alternativa prometedora para el tratamiento de heridas.

Las heridas y su proceso de cicatrización

Cuando nos hacemos una herida, el cuerpo pone en marcha un proceso natural y muy bien organizado para repararla. Este proceso de cicatrización ocurre en cuatro etapas principales: hemostasia, inflamación, proliferación y remodelación [7], [8]. Cada una cumple una función específica y es necesaria para que la piel sane correctamente.

La primera etapa es la hemostasia, que ocurre casi de inmediato. En esta fase, el cuerpo detiene el sangrado formando un coágulo que actúa como un “tapón” natural, sellando la herida y protegiéndola de agentes externos [9]. Después comienza la fase inflamatoria, en la que las defensas del organismo entran en acción para eliminar bacterias, células dañadas y cualquier elemento que pueda causar una infección, preparando así el terreno para la reparación del tejido [7].

Una vez que la zona está limpia, inicia la fase proliferativa, donde el cuerpo comienza a reconstruir la herida. En esta etapa, ciertas células producen colágeno y otros materiales que sirven como base para formar nuevo tejido, permitiendo que la herida se cierre poco a poco [10]. Finalmente, en la fase de remodelación, ese tejido recién formado se reorganiza y se fortalece, dando lugar a una cicatriz más resistente y funcional con el paso del tiempo [11].



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

Aunque este proceso suele funcionar de manera eficiente, factores como la edad, la diabetes o la presencia de infecciones pueden interferir y retrasar la cicatrización. Cuando esto ocurre, pueden formarse heridas crónicas, que son difíciles de tratar y requieren cuidados especiales. Por esta razón, el desarrollo de biomateriales capaces de apoyar cada una de estas etapas representa una alternativa médica muy valiosa, ya que puede ayudar a mejorar la cicatrización y reducir complicaciones.

Materiales inteligentes en la medicina: plata y quitosano

Para que una herida sane correctamente, el cuerpo necesita cumplir dos tareas fundamentales: eliminar los microbios que pueden causar infección y ayudar a que el tejido dañado se regenere. El uso combinado de nanopartículas de plata (AgNPs) y quitosano (Cs) permite lograr ambos objetivos al mismo tiempo, por lo que este material se considera una solución innovadora y prometedora en el cuidado de heridas.

Las nanopartículas de plata son extremadamente pequeñas, pero muy eficaces para combatir bacterias. Gracias a su tamaño, pueden liberar iones de plata (Ag⁺) que atacan directamente a los microorganismos dañinos [9], [12], [13]. Como se muestra en la (Figura 1), estas nanopartículas pueden atravesar la pared de las bacterias y, una vez dentro, generar sustancias llamadas especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés *Reactive Oxygen Species*). Estas sustancias dañan las proteínas y el material genético de las bacterias, crean pequeños orificios en su membrana y, finalmente, provocan su muerte (Figura 1) [9], [12], [13]. De esta manera, la plata ayuda a mantener la herida libre de infecciones.

Sin embargo, usar plata en exceso puede resultar dañino para las personas, ya que en grandes cantidades puede acumularse en los tejidos del cuerpo [14]. Para evitar este problema, las nanopartículas de plata se combinan con quitosano, un material natural que actúa como una especie de “soporte” protector. El quitosano permite que la plata se libere de forma gradual y controlada, reduciendo el riesgo de efectos secundarios sin perder su capacidad para eliminar bacterias [15], [16].

El quitosano se obtiene a partir de la quitina, un componente presente en los caparazones de crustáceos como camarones y cangrejos. Este biopolímero es seguro para el cuerpo humano, se degrada de forma natural y tiene la capacidad de favorecer la regeneración de la piel [5], [6], [13]. Además, forma una película protectora sobre la herida que mantiene la humedad adecuada y ayuda a que las células se multipliquen y reparen el tejido dañado.

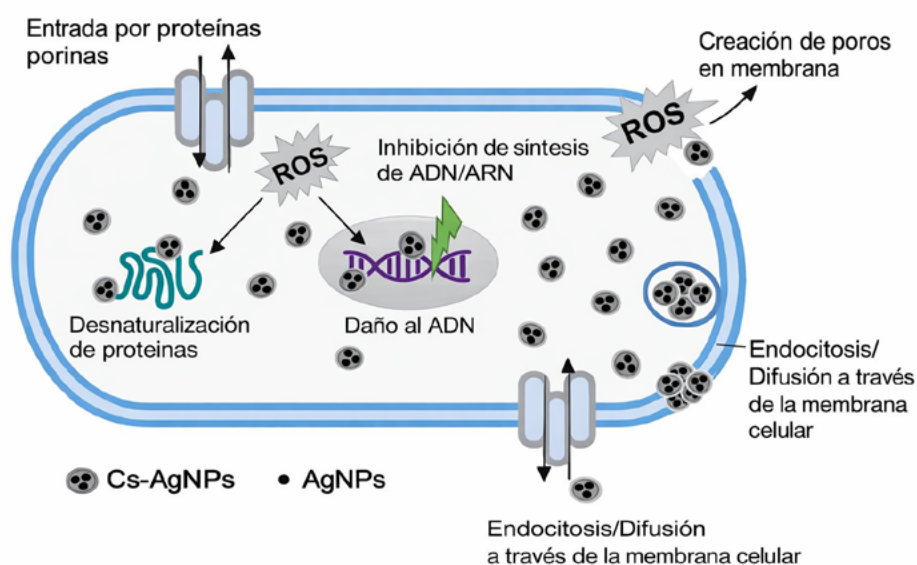


Figura 1. Modelo esquemático del mecanismo antimicrobiano de AgNPs–quitosano [13].



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

Elaboración general del nanocompuesto AgNPs–quitosano

El proceso para elaborar un material que combine plata y quitosano se lleva a cabo en tres etapas principales: primero se producen las nanopartículas de plata, después se incorporan al quitosano y, finalmente, se analiza el material obtenido para asegurar su calidad y funcionalidad [17].

En la primera etapa, las nanopartículas de plata se fabrican mediante métodos cuidadosamente controlados. En las técnicas más amigables con el medio ambiente, conocidas como síntesis verde, se utilizan sustancias de origen natural o agentes no tóxicos que permiten transformar los iones de plata en partículas muy pequeñas y estables, evitando el uso de compuestos peligrosos [17].

Posteriormente, estas nanopartículas se mezclan con una solución de quitosano, que se disuelve previamente en una pequeña cantidad de ácido acético. De esta forma, las partículas de plata se distribuyen de manera uniforme dentro del biopolímero. Dependiendo del uso final, esta mezcla puede convertirse en películas, geles o recubrimientos delgados, adecuados para diferentes aplicaciones médicas, como apósitos para heridas o recubrimientos protectores [14], [15]. confirmar que el nanocompuesto se ha formado correctamente. Para ello se emplean varias técnicas que permiten estudiar sus propiedades físicas y químicas. La espectroscopía UV-Vis (ultravioleta-visible) se utiliza para confirmar la formación de las nanopartículas de plata a partir de su respuesta a la luz. La microscopía electrónica de transmisión (TEM) y la microscopía electrónica de barrido (SEM) permiten observar directamente las nanopartículas y conocer su tamaño y forma. Por su parte, la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) ayuda a identificar los grupos químicos presentes en el material y verificar la interacción entre el quitosano y la plata. Finalmente, la difracción de rayos X (DRX) permite analizar la estructura cristalina de las nanopartículas. En conjunto, estos estudios permiten conocer el tamaño, la distribución y la correcta integración de la plata dentro del quitosano [13], como se muestra en la (Figura 2).



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

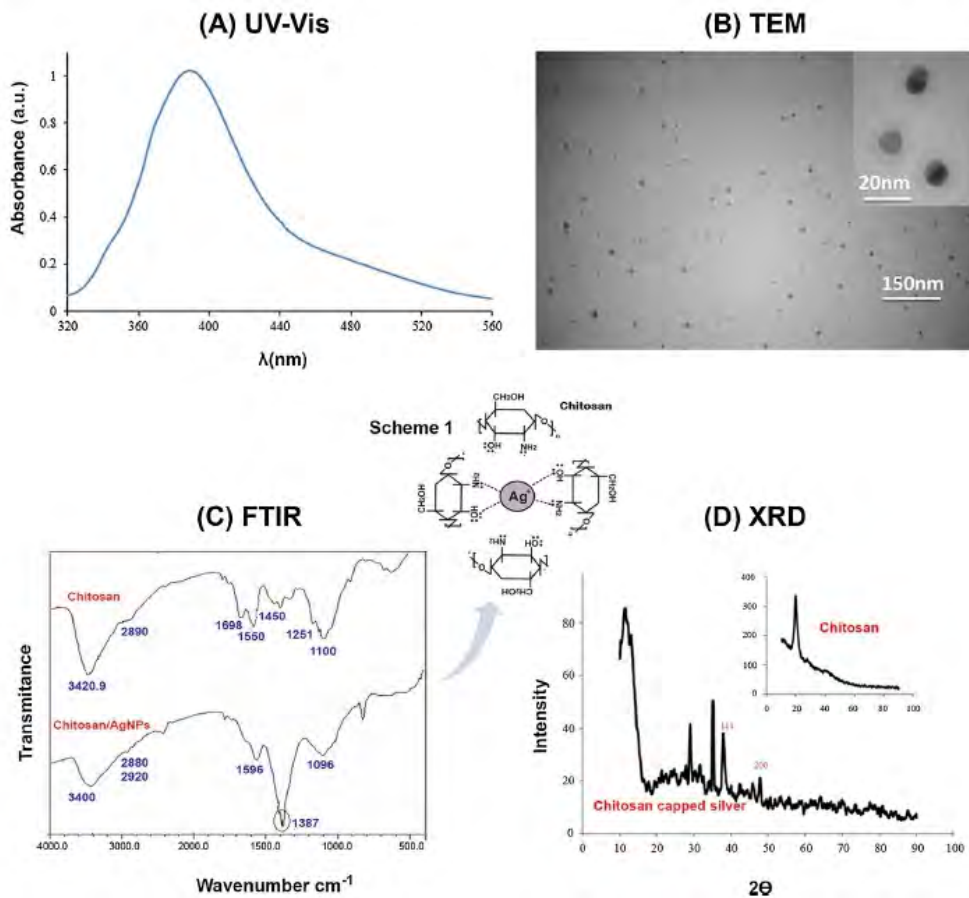


Figura 2. Caracterización de las nanopartículas de plata recubiertas con quitosano.

- A) Espectro UV-Vis que confirma la formación de las nanopartículas de plata.
- B) Imágenes TEM que muestran el tamaño y la forma de las nanopartículas recubiertas con quitosano.
- C) Espectros FTIR que permiten identificar los grupos químicos del quitosano y su interacción con la plata.
- D) Curva DRX que muestra la estructura cristalina de las nanopartículas de plata [18].

Aplicaciones médicas y beneficios

Los materiales que combinan nanopartículas de plata y quitosano tienen múltiples usos en el área de la salud gracias a su capacidad para combatir bacterias y favorecer la cicatrización de la piel. Una de sus aplicaciones más comunes es en forma de geles o películas cicatrizantes, ideales para heridas superficiales y cirugías menores, ya que son flexibles, se adaptan fácilmente a la piel y resultan seguras para el cuerpo humano.

Otra aplicación importante es su uso como recubrimientos antibacterianos en dispositivos médicos, como catéteres y prótesis. Estos recubrimientos ayudan a prevenir infecciones adquiridas en hospitales, un problema frecuente en pacientes que requieren tratamientos prolongados o intervenciones médicas invasivas [15].

Además, los nanocompuestos de plata y quitosano se emplean en apósitos para heridas crónicas o quemaduras, donde liberan los iones de plata de manera gradual. Esta liberación controlada permite eliminar bacterias sin dañar el tejido sano y, al mismo tiempo, favorece la regeneración del tejido, acelerando el proceso de cicatrización [12], [14], [16].

Un ejemplo claro de esta aplicación puede observarse en la (Figura 3), donde se muestran resultados obtenidos en modelos animales. Las imágenes permiten comparar de forma visual la



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

evolución de las heridas tratadas con estos materiales frente a tratamientos convencionales y un grupo sin tratamiento. En el grupo control negativo, la cicatrización es más lenta y las heridas siguen siendo visibles incluso después de 14 y 28 días, lo que indica la ausencia de un efecto antimicrobiano o regenerativo efectivo. En contraste, las heridas tratadas con L-Ch/AgNPs y H-Ch/AgNPs presentan una reducción progresiva del área lesionada, una formación más rápida de nuevo tejido y una mejor apariencia general, especialmente a partir del día 7, alcanzando una cicatrización casi completa al día 28. Estos resultados son comparables e incluso superiores a los obtenidos con sulfadiazina de plata (SSD), un tratamiento clínico ampliamente utilizado [18].

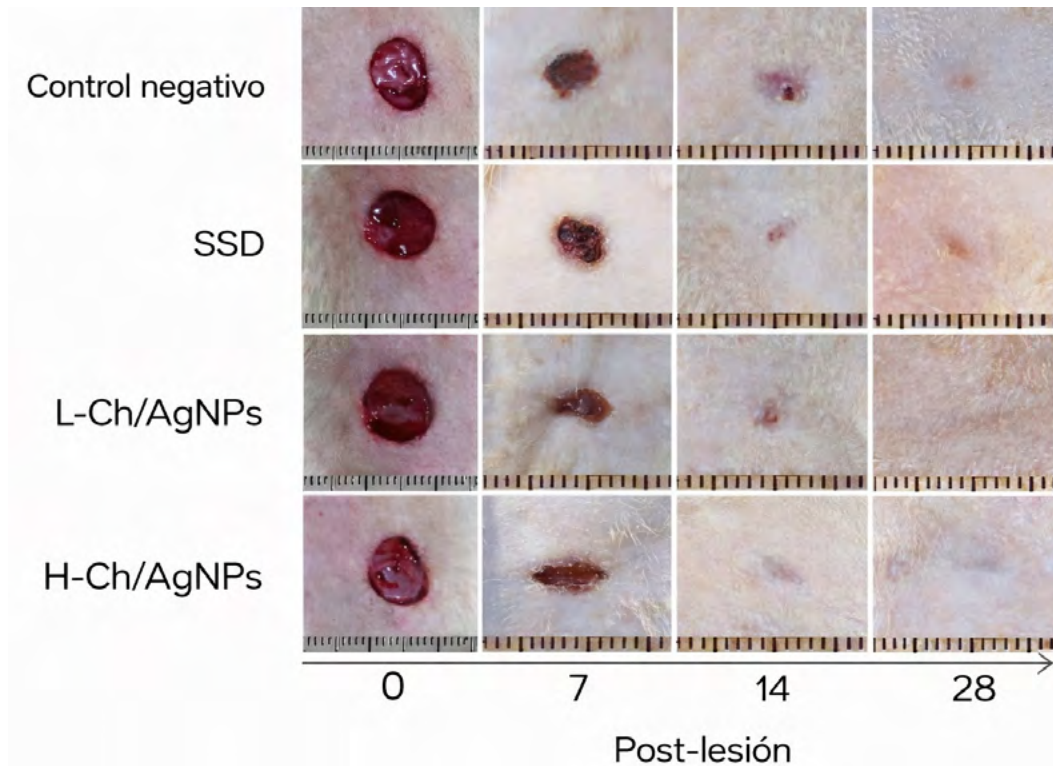


Figura 3. Observaciones macroscópicas de las heridas tratadas con L-Ch/AgNPs (nanopartículas de plata recubiertas con quitosano en dosis baja), H-Ch/AgNPs (nanopartículas de plata recubiertas con quitosano en dosis alta), SSD (sulfadiazina de plata) y el grupo control negativo en los días 0, 7, 14 y 28 posteriores a la lesión [18].

Impacto social y futuro de esta tecnología

El uso de materiales que combinan nanopartículas de plata y quitosano tiene un enorme potencial para generar un impacto positivo en la sociedad, especialmente en países donde las heridas crónicas son un problema frecuente y el acceso a tratamientos especializados es limitado, como ocurre en México. La incorporación de estos materiales en hospitales públicos y centros de atención primaria podría ayudar a reducir los costos de atención médica, acortar los tiempos de hospitalización y permitir que los pacientes se recuperen más rápido y retomen antes sus actividades diarias, mejorando así su calidad de vida.

Desde el punto de vista científico y tecnológico, los avances logrados abren la puerta al desarrollo de “apósitos inteligentes”, capaces de adaptarse a las condiciones de la herida. En el futuro, estos materiales podrían liberar sustancias antimicrobianas de manera automática cuando detecten cambios en la humedad, la temperatura o el pH del tejido dañado, e incluso incorporar sensores que permitan monitorear el estado de la herida en tiempo real [16]. Este tipo de



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

innovaciones no solo mejora la eficacia del tratamiento, sino que también impulsa nuevas líneas de investigación que conectan la nanotecnología, los biomateriales y la medicina personalizada.

Sin embargo, el avance de esta tecnología también plantea retos importantes que invitan a reflexionar. Uno de los principales desafíos es asegurar que el uso prolongado de la plata sea seguro para el organismo. Para ello, es fundamental controlar cuidadosamente la cantidad de plata presente en los materiales, de modo que se mantenga su efecto terapéutico sin generar efectos secundarios [13]. Afrontar estos desafíos de forma responsable permitirá aprovechar los beneficios de esta tecnología mientras se protege la salud de los pacientes y el entorno.

Conclusión

Las nanopartículas de plata y el quitosano representan un claro ejemplo de cómo la ciencia puede unir la naturaleza y la tecnología para crear soluciones innovadoras. A una escala casi invisible, este nanocompuesto logra algo notable: combinar la poderosa acción antibacteriana de la plata con la seguridad y las propiedades regenerativas del quitosano, dando lugar a una alternativa moderna, eficaz y sostenible para el tratamiento de heridas.

Aunque todavía se requieren más estudios para que su uso clínico sea ampliamente adoptado, los resultados obtenidos hasta ahora son muy prometedores. La capacidad de acelerar la cicatrización, reducir el riesgo de infecciones y favorecer una recuperación más ordenada demuestra el impacto real que estos materiales pueden tener en la atención médica. Más allá de los datos científicos, estos avances representan una esperanza concreta para personas que viven con heridas crónicas o procesos de recuperación largos y difíciles.

La nanotecnología pone de manifiesto que incluso en lo más pequeño puede existir un enorme potencial transformador. Profundizar en esta línea de investigación no solo amplía el conocimiento científico, sino que también abre el camino hacia soluciones más humanas, eficientes y accesibles, capaces de mejorar la forma en que cuidamos la salud en el presente y en el futuro.

Referencias

- [1] M. Irfan-Maqsood, "Classification of wounds: Know before research and clinical practice," *Journal of Genes and Cells*, vol. 4, pp. 1–4, 2018, doi: <https://doi.org/10.15562/gnc.61>.
- [2] Center for Vein Restoration, "Úlceras y cicatrización de heridas de úlceras por estasis venosa," Center for Vein Restoration, Apr. 8, 2025. [Online]. Available: <https://www.centerforvein.com/es/blog/ulcers-and-wound-healing-of-venous-stasis-ulcers>
- [3] K. C. Lee, K. Joory, and N. S. Moiemem, "History of burns: The past, present and the future," *Burns & Trauma*, vol. 2, no. 4, pp. 169–180, 2014, doi: <https://doi.org/10.4103/2321-3868.143620>.
- [4] F. M. Aldakheel, M. M. E. Sayed, D. Mohsen, M. H. Fagir, and D. K. El Dein, "Green synthesis of silver nanoparticles loaded hydrogel for wound healing: Systematic review," *Gels*, vol. 9, no. 7, p. 530, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/gels9070530>.
- [5] S. R. B., D. S. R. Rajkumar, K. K., and V. Vijayaragavan, "Chitosan-based biomaterial in wound healing: A review," *Cureus*, vol. 16, no. 2, p. e55193, 2024, doi: <https://doi.org/10.7759/cureus.55193>.
- [6] A. M. Shehabeldine *et al.*, "Multifunctional silver nanoparticles based on chitosan: Antibacterial, antibiofilm, antifungal, antioxidant, and wound-healing activities," *Journal of Fungi*, vol. 8, no. 6, p. 612, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/jof8060612>.
- [7] NCBI Bookshelf, "Principles of wound healing," Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534261/>
- [8] G. S. Schultz, G. A. Chin, L. Moldawer, and R. F. Diegelmann, "Principles of wound healing," in *Diabetic Foot Problems*. Singapore: World Scientific, 2011, pp. 395–402, doi: https://doi.org/10.1142/9789812791535_0028.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

- [9] J. A. Olugbojo, A. A. Akinyemi, S. O. Obasa, and E. O. Dare, “Comparative studies on antibacterial activities of chitosan, silver nanoparticles and maggot-based chitosan–silver nanocomposites against fish pathogens,” *Jordan Journal of Biological Sciences*, vol. 18, no. 1, 2025, doi: <https://doi.org/10.54319/jjbs/180103>.
- [10] M. V. Plikus *et al.*, “Fibroblasts: Origins, definitions, and functions in health and disease,” *Cell*, vol. 184, no. 15, pp. 3852–3872, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.06.024>.
- [11] MedSystems, “Creación de colágeno con disparos tecnológicos: ¿Es posible sin cirugía?,” Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.medsystems.com.ar/creacion-de-colageno/>
- [12] M. Torabfam and H. Jafarizadeh-Malmiri, “Microwave-enhanced silver nanoparticle synthesis using chitosan biopolymer,” *Green Processing and Synthesis*, vol. 7, no. 6, pp. 530–537, 2018, doi: <https://doi.org/10.1515/gps-2017-0139>.
- [13] M. A. Polinarski *et al.*, “New perspectives of using chitosan, silver, and chitosan–silver nanoparticles against multidrug-resistant bacteria,” *Particle & Particle Systems Characterization*, vol. 38, no. 5, p. 2100009, 2021, doi: <https://doi.org/10.1002/ppsc.202100009>.
- [14] M. Akbardeen *et al.*, “Chitosan–silver nanocomposites and their antimicrobial activity,” *Journal of Diabetes Treatment*, p. 150, 2018, doi: <https://doi.org/10.29011/2574-7568>.
- [15] O. J. Olaniyan *et al.*, “Synthesis and characterization of chitosan–silver nanocomposite film,” *Nano Hybrids and Composites*, vol. 11, pp. 22–29, 2016, doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/nhc.11.22>.
- [16] D. Martínez-Cisterna *et al.*, “Chitosan-coated silver nanocomposites: Biosynthesis, mechanical properties, and Ag⁺ release in liquid and biofilm forms,” *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 26, no. 9, p. 4130, 2025, doi: <https://doi.org/10.3390/ijms26094130>.
- [17] T. Kunoh *et al.*, “Green synthesis of gold nanoparticles coupled with nucleic acid oxidation,” *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 364–373, 2017, doi: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b02610>.
- [18] A. Oryan, E. Alemzadeh, J. Tashkhourian, and S. F. Nami Ana, “Topical delivery of chitosan-capped silver nanoparticles speeds up healing in burn wounds: A preclinical study,” *Carbohydrate Polymers*, vol. 200, pp. 82–93, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.07.077>.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO



CIENCIAS SOCIALES

Ciencia Vital, Vol. 4, No. 1, enero-marzo 2026

<https://doi.org/10.20983/cienciavital.2026.01.soc.01>

e0401SOC01

Sobrecarga social y desgaste de los cuidadores

de personas mayores con dependencia funcional

Renne Adanicores Corral Bravo¹
Dra. Alejandra Rodríguez Tadeo²
Dr. David Vásquez Guzmán^{*3}



¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

² Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0000-0001-5826-6627>

³ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0000-0001-8254-9766>
david.vasquez@uacj.mx



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

RESUMEN

El envejecimiento de la población en México ha aumentado el número de personas mayores con **dependencia funcional**, es decir, que necesitan ayuda para realizar actividades básicas de la vida diaria como moverse, alimentarse o cuidar su higiene. Ante la falta de servicios formales de atención y personal especializado, gran parte de este cuidado recae en los **cuidadores informales**, generalmente familiares que brindan apoyo sin recibir capacitación ni remuneración. En muchos casos se trata de mujeres —principalmente hijas de la persona mayor— que enfrentan una carga física, emocional y económica considerable. Diversos factores culturales, sociales, económicos y políticos influyen en la intensidad de esta sobrecarga, la cual puede afectar la salud del cuidador y también la calidad del cuidado que recibe la persona mayor. Este artículo analiza cómo estas condiciones se relacionan entre sí y por qué el cuidado informal se ha convertido en un desafío social creciente. Comprender este fenómeno permite visibilizar la importancia de fortalecer las redes de apoyo, promover políticas públicas y desarrollar estrategias que protejan tanto a quienes requieren cuidados como a quienes los brindan.

Introducción

El envejecimiento de la población en México ha traído consigo un mayor número de personas mayores que presentan **dependencia funcional**, es decir, dificultad para realizar actividades básicas de la vida diaria sin ayuda. Se estima que para el año 2026, el 28.2 % de las personas mayores en México tendrá algún grado de dependencia leve o severa (Figura 1), lo que incrementará la necesidad de atención y cuidados de salud debido a su discapacidad o dependencia [1].



Figura 1. Actividades básicas de la vida diaria en las que una persona mayor con dependencia funcional puede requerir apoyo.

Una persona con dependencia funcional requiere apoyo para actividades como la movilidad, la alimentación, la higiene personal o la administración de medicamentos. Con frecuencia, estos cuidados son realizados por un miembro de la familia que no cuenta con capacitación formal ni recibe remuneración económica por brindar estas atenciones dentro del hogar; a estas personas se les conoce como **cuidadores informales** [2].



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

Los cuidadores informales desempeñan un papel fundamental para mantener la calidad de vida de las personas mayores con dependencia funcional. Sin embargo, asumir esta responsabilidad puede generar una importante carga física, emocional y social.

Diversos factores influyen en la sobrecarga que experimentan los cuidadores. Entre ellos se encuentran aspectos biológicos, psicológicos, económicos y sociales [3]. Esta sobrecarga no solo afecta la salud y el bienestar del cuidador, sino que también puede repercutir en la calidad del apoyo que recibe la persona mayor dependiente.

La salud de la persona mayor con dependencia y la duración del cuidado

El estado funcional de la persona mayor y el tiempo durante el cual requiere atención son elementos clave para comprender la carga que enfrentan los cuidadores informales (Tabla 1).

Tabla 1. Factores que influyen en la sobrecarga de los cuidadores informales.

Factor	Ejemplos
Sociodemográficos	sexo del cuidador, edad, nivel educativo, relación familiar
Culturales	roles tradicionales de género, expectativas familiares
Socioeconómicos	ingresos del hogar, empleo del cuidador, acceso a servicios
Sociales	apoyo familiar, redes de apoyo comunitario
Políticos e institucionales	programas de apoyo, políticas públicas de cuidado

Durante el envejecimiento se produce un desgaste natural de las funciones físicas y mentales. Cuando este proceso se combina con la presencia de enfermedades crónicas, muchas personas mayores comienzan a experimentar dificultades para cuidar de su propia salud y para realizar actividades básicas de la vida diaria [4].

La literatura científica indica que cuanto mayor es el deterioro del estado de salud de la persona mayor, mayor es el tiempo que el cuidador debe dedicar a su atención. Esta intensidad del cuidado se relaciona directamente con la carga que experimenta el cuidador [5], [6], [7].

Aunque el estado de salud de la persona mayor es uno de los factores principales asociados al agotamiento del cuidador, también intervienen otros elementos relacionados con el contexto social, cultural y económico.

Factores sociodemográficos

Las características individuales del cuidador informal influyen en la manera en que se experimenta la carga del cuidado. Diversos estudios coinciden en que la mayoría de los cuidadores informales suelen ser mujeres, con frecuencia hijas de la persona mayor, muchas veces casadas y con una edad aproximada de 40 años.

En algunos casos presentan niveles de escolaridad bajos y se dedican principalmente a las labores del hogar, aunque también pueden desempeñar un empleo formal además de las tareas de cuidado. Con frecuencia viven en el mismo hogar que la persona mayor dependiente y presentan síntomas de estrés o sobrecarga derivados de las responsabilidades de cuidado [5], [7].

Estas características reflejan las condiciones sociales y familiares que influyen en la asignación de este rol.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

Factores culturales

El contexto cultural y las expectativas sociales sobre quién debe proporcionar los cuidados también influyen en la persona que asume el papel de cuidador y en la manera en que experimenta la carga emocional asociada al cuidado [5].

En muchas sociedades, el rol tradicional de la mujer dentro del hogar incluye la responsabilidad principal de brindar cuidados y apoyo familiar. Esta distribución desigual de responsabilidades puede aumentar el riesgo de agotamiento en las cuidadoras.

Además, las mujeres suelen enfrentarse con mayor frecuencia a condiciones laborales informales o precarias, así como a una mayor carga de actividades domésticas, lo que incrementa la intensidad del trabajo de cuidado [5], [6], [7].

Factores socioeconómicos

Los cuidadores informales a menudo enfrentan dificultades económicas debido a la necesidad de reducir sus horas de trabajo o incluso abandonar su empleo para cuidar a su familiar.

La pérdida de ingresos puede generar estrés financiero y limitar el acceso a servicios de salud asociados al empleo formal. En otros casos, cuando la situación económica lo exige, el cuidador debe combinar el cuidado familiar con un trabajo remunerado, lo que incrementa aún más la carga de responsabilidades y reduce el tiempo disponible para el descanso o el ocio [8].

Asimismo, el acceso a información, educación, capacitación y apoyo emocional es fundamental para disminuir la sobrecarga del cuidador. La falta de conocimientos o habilidades en el cuidado de personas dependientes puede generar mayor estrés, especialmente cuando no se cuenta con formación específica en este tipo de atención [9].

Factores sociales

La disponibilidad y calidad del apoyo social pueden reducir de forma importante la carga del cuidador. El respaldo de familiares, amistades o redes comunitarias puede facilitar la distribución de responsabilidades y disminuir el estrés.

Por el contrario, la falta de apoyo social puede provocar aislamiento y un mayor desgaste emocional. En muchos casos, la cantidad de apoyo disponible depende de la composición del hogar: las familias con más miembros pueden ofrecer una red de apoyo más amplia.

Sin embargo, cuando la persona mayor dependiente vive sola o con muy pocos familiares cercanos, la carga del cuidado suele recaer en una sola persona, lo que incrementa el riesgo de sobrecarga [7].

Contexto político y gobernanza

Las políticas públicas y los programas sociales también influyen en la experiencia de los cuidadores informales. La participación del Estado, la sociedad civil y el sector privado puede contribuir a mitigar o agravar el problema.

La existencia de programas de apoyo —como servicios de asistencia domiciliaria, capacitación para cuidadores o grupos de apoyo emocional— puede proporcionar recursos que reducen la carga del cuidado y mejoren la calidad de atención que recibe la persona mayor.

En contextos donde estos recursos o políticas son limitados o inexistentes, la carga del cuidado tiende a aumentar significativamente [7], [8].

La sobrecarga que experimentan los cuidadores informales puede afectar negativamente la calidad del cuidado que brindan a las personas mayores dependientes. Esto puede traducirse



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

en un aumento de errores en la atención, menor capacidad de vigilancia de las necesidades de la persona mayor o una disminución en la empatía durante el cuidado [10].

Además, el desgaste constante puede afectar la salud física y mental del cuidador, lo que reduce su capacidad para continuar desempeñando esta labor y compromete su bienestar general.

Conclusión

La evidencia científica muestra que la sobrecarga que experimentan los cuidadores informales de personas mayores con dependencia funcional constituye un importante problema de salud pública.

Este fenómeno está influido por múltiples factores interrelacionados, entre ellos aspectos culturales, sociales, económicos y políticos. Estos factores no solo afectan la salud física y mental de los cuidadores, sino que también pueden repercutir en la calidad del cuidado brindado a las personas mayores.

Por ello, es necesario fortalecer las políticas públicas y los programas de apoyo dirigidos a los cuidadores informales. Un enfoque integral que combine la participación social, institucional y gubernamental permitiría reducir la carga del cuidado y garantizar una atención digna y de calidad para las personas mayores en situación de dependencia, así como para quienes asumen su cuidado.

Referencias

- [1] C. González-González, G. Cafagna, M. D. C. Hernández Ruiz, P. Ibararán y M. Stampini, "Dependencia funcional y apoyo para personas mayores de México, 2001-2026", *Revista Panamericana de Salud Pública*, vol. 45, p. e71, sep. 2021. doi: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2021.71>
- [2] C. Y. da S. Rodrigues, *Ser cuidador: Estrategias para el cuidado del adulto mayor*. Ciudad de México: Editorial El Manual Moderno, 2019.
- [3] L. M. Bello Carrasco, G. A. León Zambrano y M. I. Covena Bravo, "Factores que predominan en la sobrecarga del cuidador formal e informal geriátrico con déficit de autocuidado", *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 11, no. 5, pp. 385–395, oct. 2019. Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- [4] E. E. Esmeraldas Vélez, M. R. Falcones Centeno, M. G. Vásquez Zevallos y J. A. Solórzano Vélez, "El envejecimiento del adulto mayor y sus principales características", *RECIMUNDO*, vol. 3, no. 1, pp. 58–74, ene. 2019. doi: [https://doi.org/10.26820/recimundo/3.\(1\).enero.2019.58-74](https://doi.org/10.26820/recimundo/3.(1).enero.2019.58-74)
- [5] S. Angst, E. Aguila y M. López-Ortega, "Determinants of informal care supply for older adults in Yucatan, Mexico", en *Contextualizing Health and Aging in the Americas: Effects of Space, Time and Place*, W. A. Vega, J. L. Angel, L. M. F. Gutiérrez Robledo y K. S. Markides, Eds. Cham: Springer, 2019, pp. 337–358. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00584-9_16
- [6] N. B. Buritica, L. A. Buitrago y M. S. Chaquir, "Burnout en cuidadores formales e informales del adulto mayor: revisión integrativa de la literatura", *Cultura del Cuidado*, vol. 17, no. 1, may 2020. doi: <https://doi.org/10.18041/1794-5232/cultura.2020v17n1.7209>
- [7] N. Lindt, J. van Berkel y B. C. Mulder, "Determinants of overburdening among informal carers: A systematic review", *BMC Geriatrics*, vol. 20, p. 304, ago. 2020. doi: <https://doi.org/10.1186/s12877-020-01708-3>
- [8] J. Oliva-Moreno, L. M. Peña-Longobardo, L. García-Mochón, M. del R. Lozano, I. M. Metcalfe y M. del M. García-Calvente, "The economic value of time of informal care and its determinants (The CUIDARSE Study)", *PLOS ONE*, vol. 14, no. 5, p. e0217016,



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

- may 2019. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217016>
- [9] A. Salinas-Rodríguez, V. De La Cruz-Góngora y B. Manrique-Espinoza, “Condiciones de salud, síndromes geriátricos y estado nutricional de los adultos mayores en México”, *Salud Pública de México*, vol. 62, no. 6, pp. 777–785, nov.–dic. 2020. doi: <https://doi.org/10.21149/11840>
- [10] J. E. Del Ángel-García, R. C. León Hernández, G. Méndez Santos, I. Peñarrieta De Córdoba y F. Flores-Barrios, “Relación entre sobrecarga y competencias del cuidar en cuidadores informales de personas con enfermedades crónicas”, *MedUNAB*, vol. 23, no. 2, pp. 233–241, jul. 2020. doi: <https://doi.org/10.29375/01237047.3878>



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO



DIMENSIONES ÉTICAS

Ciencia Vital, Vol. 4, No. 1, enero-marzo 2026
<https://doi.org/10.20983/cienciavital.2026.01.det.01>
e0401DET01

CIENCIA VITAL
Revista de Divulgación Científica de la UACJ
ISSN: 2615-9944

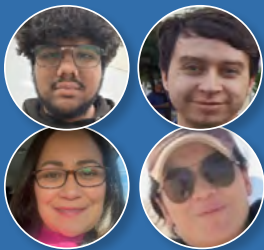
Una mirada bioética a los experimentos realizados en la prisión de Holmesburg

David Cruz Fernández¹

Héctor Valenzuela Ramírez²

Dra. Brenda Lizbeth Estrada Capetillo³

Dra. Marbella Chávez Solano⁴



- 1 Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
- 2 Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
- 3 Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0000-0003-1792-656>
- 4 Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. marbella.chavez@uacj.mx



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

RESUMEN

Entre las décadas de 1950 y 1960, la prisión de Holmesburg, en Filadelfia, fue escenario de experimentos médicos realizados en prisioneros —principalmente hombres afroamericanos— sin un consentimiento informado real, es decir, sin conocer plenamente los riesgos de las pruebas. Estos estudios fueron impulsados por empresas como Dow Chemical y dirigidos por el dermatólogo Albert Kligman, quien aplicó diversas sustancias químicas para observar sus efectos en la piel humana. Entre ellas se encontraba la **dioxina**, un compuesto extremadamente tóxico asociado con graves daños a la salud. Este caso se convirtió en un ejemplo emblemático de violaciones a los principios de la bioética y evidenció la necesidad de establecer normas más estrictas para proteger a las personas en investigaciones científicas.

Introducción

¿Puede la ciencia avanzar sin perder de vista la dignidad humana? La historia de los experimentos realizados en la prisión de Holmesburg nos recuerda que el progreso científico no siempre ha estado acompañado de principios éticos. Revisar estos episodios del pasado no solo permite comprender cómo se construyeron las normas actuales de investigación, sino también reflexionar sobre la importancia de mantener una vigilancia ética constante. En un tiempo donde la ciencia y la tecnología avanzan rápidamente, mirar hacia estos casos históricos nos ayuda a recordar que todo conocimiento debe generarse con respeto, transparencia y responsabilidad hacia las personas.

Las pruebas clínicas (experimentos en humanos) contribuyen significativamente al desarrollo y avance de la medicina. Sin embargo, muchos de estos experimentos han sido abusivos, engañosos y han causado daños irreparables e innecesarios a los participantes. Tras las atrocidades experimentales realizadas durante la Segunda Guerra Mundial (1939–1945), fue necesario establecer lineamientos para proteger a los seres humanos, especialmente en pruebas clínicas.

Así surge el **Código de Núremberg (1947)** y el reconocimiento al derecho humano a la voluntariedad. Por primera vez, un documento expresó el derecho a la autonomía, es decir, la libertad para decidir participar o no en pruebas clínicas independientemente de la condición social, género, edad o religión. Sin embargo, la existencia de lineamientos y derechos bioéticos no siempre garantiza su cumplimiento, tal como ocurrió en la prisión de Holmesburg, en Filadelfia (1951–1974).

El dermatólogo **Albert Kligman** utilizó una población vulnerable —prisioneros afrodescendientes de la cárcel de Holmesburg— para realizar experimentos dolorosos, riesgosos y sin beneficios reales para los participantes [1]. Este caso se convirtió en un referente de violaciones en la investigación biomédica y del abuso de poblaciones vulnerables. Asimismo, obligó a instancias nacionales e internacionales a crear leyes para garantizar el respeto a los principios bioéticos de autonomía, beneficencia y no maleficencia en estudios clínicos.

En este artículo se relatan algunos de los experimentos realizados en la prisión de Holmesburg y su impacto bioético.

Prisioneros afroamericanos de Holmesburg tratados como conejillos de indias

En la prisión de Holmesburg se realizaron experimentos para probar sustancias químicas en una población de fácil acceso: los prisioneros. Muchos de ellos eran convencidos de participar a cambio de uno o dos dólares. Sin embargo, rara vez se les informaba con claridad sobre la naturaleza o el peligro de las sustancias administradas [3], [8].

La situación de vulnerabilidad racial, económica y social de los reclusos facilitó que firmaran cartas de consentimiento engañosas o poco claras. De hecho, esos consentimientos permitieron posteriormente exentar a algunas de las empresas participantes de cualquier responsabilidad por los daños generados [1].



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

Las publicaciones científicas del Dr. Kligman documentan tanto las sustancias utilizadas como la relevancia de estos estudios en el campo de la dermatología [1], [2]. Algunas de estas investigaciones incluyen el desarrollo de la **tretinoína**, un medicamento que actualmente se utiliza para tratar el acné y el melasma (hiperpigmentación de la piel). Kligman realizó numerosos estudios que contribuyeron al desarrollo de tratamientos de la dermatología moderna [9].

Sin embargo, el origen de estos avances plantea interrogantes éticos sobre la legitimidad de obtener conocimiento científico a costa del daño a otras personas. En términos éticos, ningún avance científico debería basarse en el sufrimiento o daño ocasionado a individuos [1], [2].

Otros estudios realizados por Kligman en esta población incluyeron investigaciones sobre la pérdida de cabello, dermatitis y toxicología del **dimetilsulfóxido (DMSO)**, una sustancia con propiedades antiinflamatorias y analgésicas. También se evaluó el efecto supresor de la **hidrocortisona** en reacciones alérgicas cutáneas, así como pruebas de sustancias antimicóticas, medicamentos fototóxicos y métodos para medir la irritación de la piel [4].

En paralelo, Kligman actuó como intermediario para empresas como **Johnson & Johnson** y **Dow Chemical Company**, interesadas en evaluar la toxicidad de algunos de sus productos. Mientras Kligman recibía grandes sumas de dinero, los prisioneros aceptaban aplicarse, ingerir o inhalar sustancias desconocidas por uno o dos dólares diarios [8]. Documentos de la época señalan que Dow Chemical, a través de Kligman, probó moléculas altamente tóxicas como la **dioxina** [3].

Los experimentos realizados han sido ampliamente condenados por su falta de ética y por la explotación de una población vulnerable. Muchas víctimas sufrieron daños físicos y psicológicos [1], [8] que las marcaron de por vida. Algunas de ellas han buscado reparaciones por parte de las empresas responsables y una disculpa formal del gobierno de Filadelfia, la cual finalmente ocurrió en 2022.

Dioxinas: un peligro silencioso

Las **dioxinas** son un grupo de sustancias químicas que se generan principalmente como subproductos no deseados de algunos procesos industriales, como la incineración de residuos, el blanqueo del papel con cloro y la fabricación de plaguicidas, herbicidas y fungicidas [7].

Los estudios financiados por Dow Chemical tenían como objetivo analizar los efectos de la dioxina en la piel humana. El experimento consistió inicialmente en aplicar una pequeña cantidad de dioxina en 60 prisioneros. Sin embargo, cuando Kligman no observó efectos visibles, decidió aumentar la dosis casi **450 veces** en 10 de ellos. Este incremento provocó lesiones severas en la piel de ocho de los participantes [10].

El **agente naranja**, utilizado durante la guerra de Vietnam, contiene la dioxina más tóxica conocida: la **2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina (TCDD)**. Precisamente esta sustancia fue utilizada en algunos de los experimentos de Holmesburg.

Actualmente se sabe que las dioxinas se encuentran entre las sustancias más tóxicas y cancerígenas conocidas. El TCDD puede causar daños a la salud de distintas maneras. Por ejemplo, afecta la producción de enzimas encargadas de eliminar sustancias dañinas del organismo, lo que provoca su acumulación en el cuerpo [7].

También altera la reproducción celular y puede acelerar la muerte de las células. Cuando estas se exponen de manera prolongada al TCDD, se modifica la producción de energía celular. Esto ocurre porque se generan **especies reactivas de oxígeno (ROS)**, moléculas altamente reactivas que dañan estructuras celulares como las **mitocondrias**, responsables de producir energía en las células.

Además, esta exposición puede alterar la regulación de genes involucrados en la producción de células inmunes, afectando la capacidad de defensa del sistema inmunológico [7]. Para que estos efectos ocurran, debe existir una interacción entre el TCDD y el **receptor de aril hidrocarburos (AhR)**, una proteína presente en muchas células del cuerpo (Figura 1).



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

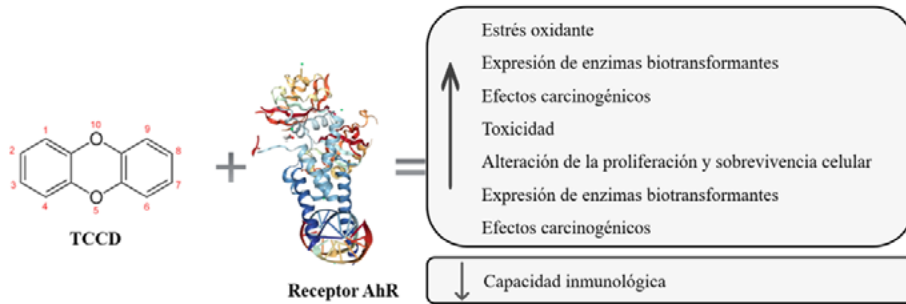


Figura 1. Unión de la molécula de TCDD al receptor de AhR. La dioxina conocida como agente naranja (TCDD) tiene afinidad química por una proteína presente en diversas células del cuerpo: el receptor de aril hidrocarburos (AhR). Esta unión es la principal causa de la toxicidad y de los efectos carcinogénicos de la dioxina.

Falta de ética y racismo en los experimentos de Holmesburg

El caso de la prisión de Holmesburg representa una de las violaciones más significativas a los principios bioéticos en la historia de Estados Unidos, ya que vulneró aspectos fundamentales como la autonomía, el consentimiento informado y la protección de poblaciones vulnerables (Tabla 1).

Tabla 1. Implicaciones bioéticas de los experimentos en la prisión de Holmesburg. La tabla resume los principales principios bioéticos vulnerados durante los experimentos realizados en la prisión de Holmesburg y sintetiza las razones específicas asociadas a dichas violaciones.

Principio bioético	¿Hubo violación?	Razones de la violación
Autonomía	Sí	Los participantes no recibieron información completa ni detallada sobre los procedimientos. Aunque firmaron un consentimiento, la información era imprecisa, lo que invalida la verdadera voluntariedad de su participación.
Beneficencia y no maleficencia	Sí	Los experimentos no generaron beneficios reales para los participantes. Por el contrario, causaron dolor, daño innecesario y exposición a sustancias peligrosas. Se priorizaron intereses científicos y económicos de las empresas involucradas.
Dignidad humana	Sí	Los prisioneros fueron tratados como objetos de experimentación. Incluso el propio Kligman se refirió a ellos como “acres de piel” disponibles para pruebas dermatológicas.
Privacidad y confidencialidad	Sí	No se protegió adecuadamente el anonimato de los participantes y la información de los experimentos fue compartida con empresas privadas.
Protocolo ético de investigación	Sí	Los experimentos no fueron revisados, aprobados ni supervisados por comités de ética u otras instancias regulatorias.

Estos principios se relacionan entre sí. Al no proporcionar información detallada en la carta de consentimiento informado y ofrecer incentivos económicos difíciles de rechazar, la autonomía y la voluntariedad de los presos fueron claramente coaccionadas [5]. Un testimonio posterior señala que, de haber sabido que iban a experimentar con dioxina, jamás habría participado, incluso si le hubieran pagado.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

Además, se violó la dignidad humana de los prisioneros, quienes eran tratados únicamente como superficies de prueba para sustancias químicas. De hecho, Kligman llegó a afirmar que se sentía como un granjero frente a “acres de piel” [6].

Los experimentos tampoco cumplían con el principio de **beneficencia** (buscar el bienestar del participante) ni con el de **no maleficencia** (evitar causar daño), ya que provocaban dolor y exponían a los sujetos a condiciones degradantes. En algunos experimentos, por ejemplo, se les exigía no bañarse durante hasta diez días para estudiar el efecto prolongado de ciertas sustancias en la piel.

La mayoría de los participantes eran hombres afrodescendientes, una población históricamente discriminada que sufría constantes injusticias sociales. Además, al estar encarcelados, dependían completamente del sistema penitenciario de Estados Unidos, el cual autorizó los experimentos realizados por Kligman.

En consecuencia, diversos principios bioéticos presentes en la legislación estadounidense de la época fueron violados, entre ellos la justicia, la beneficencia, la no maleficencia y la autonomía. Aunque los participantes firmaron cartas de consentimiento, estas pierden validez ética cuando la información proporcionada es incompleta o engañosa [5].

Conclusión

Los experimentos realizados en la prisión de Holmesburg reflejan graves fallas en los sistemas de supervisión bioética existentes en ese momento. El sistema penitenciario que aprobó los estudios debió cuestionar y monitorear su desarrollo, pero no lo hizo.

El protocolo experimental comenzó en 1951, cuando ya existían lineamientos internacionales para la investigación con seres humanos establecidos en el **Código de Núremberg (1947)**. Este documento indicaba claramente que las personas debían participar de manera voluntaria en estudios clínicos y recibir información completa antes de firmar un consentimiento informado.

Sin embargo, en Holmesburg esta norma no se cumplió: la información proporcionada fue engañosa y se utilizó una población vulnerable.

Los abusos ocurridos en estos experimentos, junto con otros casos como el **estudio de Tuskegee (1932–1972)** y los experimentos de **Willowbrook (1950–1970)**, impulsaron la creación de los **comités de ética en investigación**, encargados de evaluar y supervisar los protocolos científicos.

No existe justificación para estos experimentos, ya que en ese momento ya existían principios bioéticos consolidados, como los establecidos en el Código de Núremberg (1947), la **Declaración de Ginebra (1948)** y la **Declaración de Helsinki (1964)**. Además, principios fundamentales de la práctica médica, como la beneficencia y la dignidad humana, se remontan al **Juramento Hipocrático**, formulado alrededor del año 500 a. C.

Estos y otros abusos contribuyeron posteriormente a la creación del **Informe de Belmont (1979)**, un documento clave que establece tres principios fundamentales para la investigación con seres humanos: respeto por las personas, beneficencia y justicia.

Hoy en día existen leyes nacionales e internacionales que buscan impedir que experimentos de este tipo vuelvan a ocurrir. Aun así, el caso Holmesburg continúa siendo un recordatorio de que la ciencia, sin vigilancia ética, puede provocar graves abusos. Por ello, el fortalecimiento de los comités de ética y la evaluación rigurosa de la vulnerabilidad de los participantes deben seguir siendo pilares fundamentales de toda investigación biomédica.

La historia de los experimentos en la prisión de Holmesburg invita a reflexionar sobre cómo se construyen los límites éticos en la ciencia y por qué es necesario revisarlos constantemente. Conocer estos episodios no busca frenar el avance científico, sino recordarnos que el progreso debe ir siempre acompañado de responsabilidad y respeto por la dignidad humana. Comprender estos hechos del pasado permite valorar las normas bioéticas actuales y motiva a seguir explorando cómo la ciencia puede avanzar sin repetir los errores que marcaron su historia.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

Referencias

- [1] J. MacLure, “Unnatural resources: The colonial logic of the Holmesburg prison experiments,” *Journal of Medical Humanities*, vol. 42, no. 3, pp. 423–433, 2021.
<https://doi.org/10.1007/s10912-020-09651-5>
- [2] J. Casale, A. Taylor y J. Crane, “Albert M. Kligman, MD (1916–2010): A controversial genius in the field of dermatology,” *Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*, vol. 16, no. 1, pp. 13–15, 2023.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9891217/>
- [3] A. Hornblum, “Subjected to medical experimentation: Pennsylvania’s contribution to ‘science’ in prisons,” *Pennsylvania History: A Journal of Mid-Atlantic Studies*, vol. 67, no. 3, pp. 415–426, 2000.
<https://journals.psu.edu/phj/article/view/25643>
- [4] M. Krasuski, *Sanctioned Medical Exploitation: Dr. Albert Kligman and the Holmesburg Prison Experiments, 1951–1974*, 2020.
- [5] M. A. Lasheras-Pérez, R. Taberner y B. Martínez-Jarreta, “Conflictos bioéticos en la dermatología actual: una revisión narrativa,” *Actas Dermo-Sifiliográficas*, vol. 115, no. 9, pp. 867–882, 2024.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.ad.2024.05.002>
- [6] A. M. Hornblum, *Aces of Skin: Human Experiments at Holmesburg Prison*. New York, USA: Routledge, 2013.
- [7] A. Schechter, L. Birnbaum, J. J. Ryan y J. D. Constable, “Dioxins: An overview,” *Environmental Research*, vol. 101, no. 3, pp. 419–428, 2006.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2005.12.003>
- [8] T. Sarai, “Holmesburg Prison’s medical experiments are Philadelphia’s ‘lasting shame;’” *Prism*, 2023.
<https://prismreports.org/2023/05/15/philadelphia-holmesburg-prison-experiments/>
- [9] A. S. Adamson y J. B. Lipoff, “Reconsidering named honorifics in medicine—The troubling legacy of dermatologist Albert Kligman,” *JAMA Dermatology*, vol. 157, no. 2, pp. 153–155, 2021.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33237302/>
- [10] O. Sorg, “AhR signalling and dioxin toxicity,” *Toxicology Letters*, 2014.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24239782/>



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO



SALUD MENTAL

Ciencia Vital, Vol. 4, No. 1, enero-marzo 2026

<https://doi.org/10.20983/cienciavital.2026.01.men.01>
e0401MEN01

CIENCIA VITAL
Revista de Divulgación Científica de la UACJ
ISSN: 1665-7944

Mejorando la calidad de vida

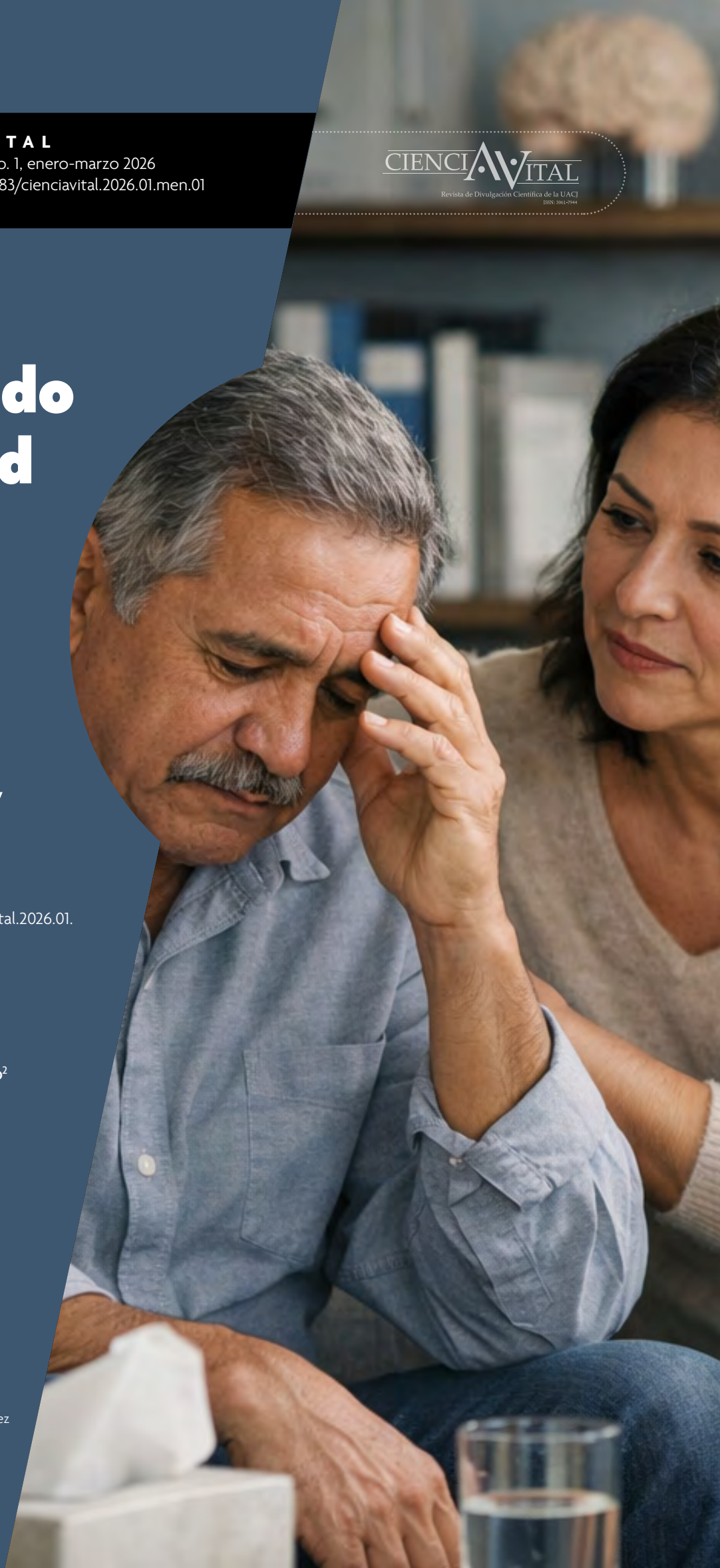
en familiares de
personas con
enfermedad
mental a través
de la terapia
de aceptación y
compromiso

<https://doi.org/10.20983/cienciavital.2026.01.men.01>

Dra. Bertha Musi-Lechuga¹
Mtra. Jacqueline Frayre Treviño²

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0000-0003-3391-3116>.

² Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0009-0000-0100-399X>. jacqueline.frayre@outlook.com.



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

RESUMEN

Cuando una persona enfrenta la enfermedad mental de un familiar, su calidad de vida puede verse afectada por el estrés, la sobrecarga emocional y las dificultades para manejar sus propias emociones. Este estudio analizó el impacto de un programa basado en la terapia de aceptación y compromiso (ACT, un enfoque psicológico que ayuda a aceptar experiencias difíciles, desarrollar flexibilidad emocional y actuar de acuerdo con los propios valores) en familiares de personas con enfermedad mental. La intervención consistió en 11 sesiones semanales y se evaluó mediante cuestionarios que miden calidad de vida, satisfacción con la vida y nivel de estrés antes y después del programa. Los resultados mostraron mejoras en la calidad de vida y una reducción del estrés en ambas participantes, mientras que una de ellas también incrementó su satisfacción con la vida. Además, reportaron sentirse emocionalmente más equilibradas y con mejores relaciones interpersonales. Estos hallazgos sugieren que este tipo de intervención puede fortalecer el bienestar de quienes cuidan a un familiar con enfermedad mental, con potencial para aplicarse en programas comunitarios de apoyo psicológico.

Introducción

El concepto de calidad de vida resulta complejo, ya que involucra distintos factores que obtendrán un nivel dependiendo de la perspectiva del individuo, como el estilo de vida, las interacciones sociales y situaciones específicas que valora. No obstante, existen factores que, de manera general, afectan significativamente la calidad de vida de las personas y que pueden detectarse con mayor facilidad, como el acceso a una vivienda digna con servicios básicos, estabilidad económica y empleo, además del bienestar psicológico y físico, por lo que se trata de un concepto multifactorial [1]. En ese sentido, es a través del bienestar psicológico, la percepción sobre la autonomía, las interacciones con otros y el entorno que es posible intervenir para mejorar la calidad de vida de las personas, aun cuando el concepto se compone de diversos factores [2].

Impacto de la enfermedad mental en la familia

Cuando se habla de calidad de vida familiar, los miembros que conforman su estructura contemplan una perspectiva global del concepto y de cómo influye en todos los integrantes, es decir, desde lo que repercute en su individualidad hasta lo que afecta al conjunto familiar. La calidad de vida puede disminuir o aumentar dependiendo de la interacción entre los miembros, la estabilidad económica, el rol que desempeña cada integrante y la manera en que afrontan los problemas juntos [3]. Algunos ejemplos de cómo el diagnóstico de una enfermedad mental en uno de sus miembros repercute en el núcleo familiar son la presencia de ansiedad, depresión, estrés, culpa, remordimiento y otras emociones negativas que provocan un desbalance en la estructura familiar [4]. Tal desbalance puede influir negativamente en las redes de apoyo, el estigma hacia la enfermedad mental y la comunicación entre los miembros familiares [5].

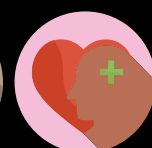
La enfermedad mental se caracteriza por alteraciones en diferentes áreas del ser humano, como los procesos de pensamiento, la percepción, la interacción social, la regulación emocional y la conducta, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) [6], lo que repercute en la salud general del paciente.

Diversos estudios han encontrado que los familiares de niños diagnosticados con enfermedad mental presentan una calidad de vida significativamente más baja en áreas como el bienestar emocional, la salud física, las relaciones interpersonales y el entorno, en comparación con los familiares de niños sanos [7], [8].

Una vez que hay un diagnóstico de enfermedad mental, aparece incertidumbre en el núcleo familiar y sus integrantes comienzan a sentirse directamente responsables de la situación, lo que provoca poca o nula atención hacia sí mismos e incluso aislamiento [9]. Estas situaciones favorecen la emisión de comentarios desfavorables hacia quien vive el diagnóstico, así como hostilidad



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

y respuestas emocionales negativas como la desesperación, la abnegación y la sobreprotección, generando un potencial estresor ambiental que afecta directamente los vínculos familiares [10].

Otro punto importante es que, al no saber cómo adaptarse al diagnóstico debido a la falta de herramientas, información y acompañamiento, la calidad de vida tanto de quien padece la enfermedad mental como de la familia se ve afectada [11]. En condiciones óptimas, se esperaría que los integrantes de la familia aprendieran a evaluar la situación tras el diagnóstico, redefinieran roles, afrontaran las problemáticas que pudieran surgir y trabajaran en herramientas de comunicación con flexibilidad y apertura. Sin embargo, suele suceder lo contrario ante la falta de herramientas adecuadas e información necesaria para mantener la estabilidad familiar [12].

El modelo psicoterapéutico de aceptación y compromiso (ACT, por sus siglas en inglés *Acceptance and Commitment Therapy*) es un tipo de psicoterapia desarrollado por Hayes [13]. Su objetivo principal es que el paciente realice un proceso de aceptación de su experiencia dolorosa o problemática principal, como ocurre en casos de adicciones, ansiedad, duelo, estrés postraumático o ante el diagnóstico de una enfermedad mental [14].

Este proceso implica explorar pensamientos, emociones, recuerdos y experiencias vividas, con disposición al análisis y la autocomprensión, aun cuando existan sensaciones desagradables. A través de la aceptación, el individuo obtiene mayor claridad sobre su problemática, lo que facilita el afrontamiento y la resolución, además de ayudarlo a identificar lo que realmente es importante en el presente. Por ejemplo, ante el diagnóstico de enfermedad mental en un familiar, la ACT permite trabajar la aceptación y adaptación mediante psicoterapia, modificando la relación con los pensamientos y emociones negativas. El objetivo es fortalecer la conexión con el momento presente de manera consciente y actuar de acuerdo con los valores personales, sin evitar las sensaciones negativas, sino aceptarlas para avanzar o generar cambios significativos [15], [16].

Resulta de suma importancia atender las necesidades de los integrantes de la familia, pues la estructura familiar constituye una base fundamental para el desarrollo humano [16]. En un estudio sobre familiares de pacientes con psicosis en crisis, los participantes manifestaron la necesidad de grupos de apoyo donde compartir experiencias y recibir acompañamiento profesional, ya que el diagnóstico representa un momento de crisis en el que se sienten estresados y desorientados [17].

Debido a ello, el presente programa interviene en la calidad de vida de los integrantes de la familia tras el diagnóstico de enfermedad mental, con el objetivo de impactar positivamente su calidad de vida percibida, aumentar la satisfacción con la vida y disminuir el estrés mediante la Terapia de Aceptación y Compromiso.

Metodología de la intervención

La intervención se aplicó a dos mujeres familiares de personas con diagnóstico de enfermedad mental. Para participar en el estudio debían ser mayores de edad y vivir en el mismo domicilio de la persona diagnosticada.

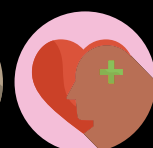
Se les proporcionaron infografías con información sobre los siguientes temas:

1. Introducción a la terapia de aceptación y compromiso
2. Emociones
3. Mindfulness (atención plena, es decir, la capacidad de enfocarse conscientemente en el presente)
4. Habilidades comunicativas
5. Afrontamiento de problemas
6. Autocuidado

También se les entregó un kit de autocuidado (pelota antiestrés, mascarillas faciales, pulsera sensorial, gel antibacteriano e imágenes sobre la rueda de las emociones y el autocuidado).



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

Se aplicó una batería de instrumentos para evaluar la calidad de vida percibida:

- » **WHOQOL-BREF** (*World Health Organization Quality of Life*, instrumento de la OMS para medir calidad de vida),
- » Escala de Satisfacción con la Vida,
- » Escala de Estrés Percibido PSS-14 (cuestionario de 14 ítems sobre percepción del estrés).

El diseño del estudio fue de caso múltiple, con medición antes y después de la intervención (pretest y postest) y seguimiento a tres meses. Se calcularon índices de cambio fiable (RCI, *Reliable Change Index*), que indican si el cambio en una puntuación es estadísticamente significativo más allá del error de medición. Se considera significativo cuando $RCI \geq 1.65$ [18].

La intervención se llevó a cabo en las instalaciones del Desarrollo Integral de la Familia (DIF) en CAP Sevilla (Centro de Atención Psicológica). Las participantes firmaron consentimiento informado tras recibir explicación detallada del estudio.

El programa se dividió en 11 sesiones semanales de 2 horas. Incluyó ejercicios experienciales, clarificación de valores, estrategias de defusión cognitiva (distanciarse de los pensamientos), mindfulness, acción comprometida y aceptación [19], [20].

Las técnicas se organizaron según el modelo Hexaflex, esquema teórico central de la ACT que describe seis procesos de la flexibilidad psicológica [21].

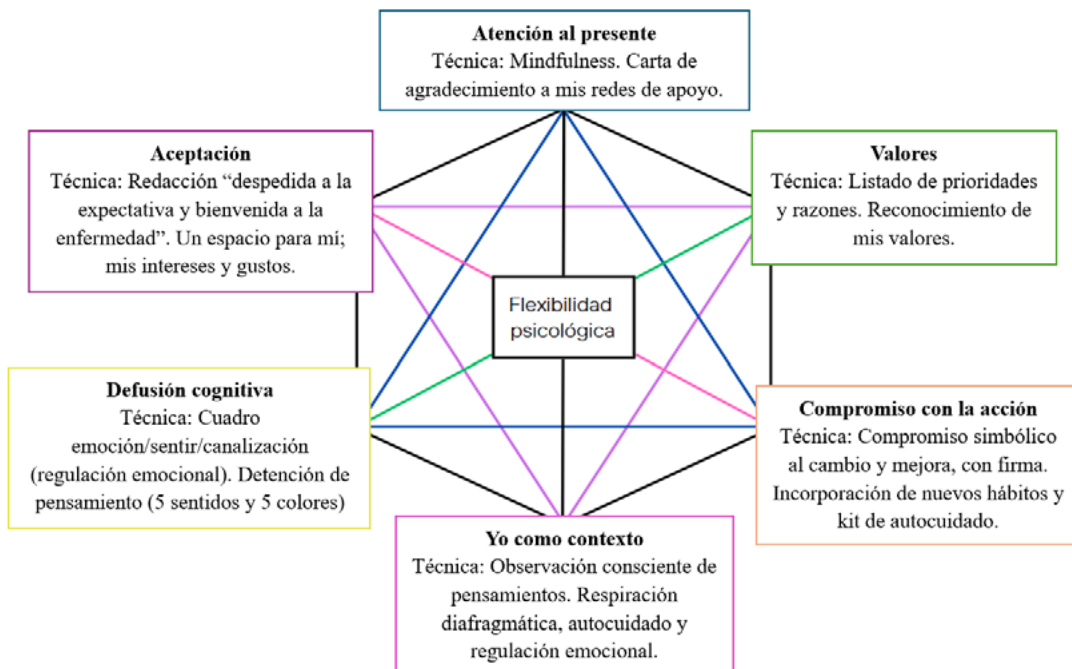


Figura 1. Estructura y desglose de técnicas utilizadas en el programa. Elaboración propia basada en la estructura de la terapia de aceptación y compromiso [19].

Resultados

Se aplicaron técnicas de regulación emocional, escucha activa y relajación para manejar emociones intensas. Tras finalizar la intervención se aplicó el postest. El programa fue aprobado por el Comité de Ética de la UACJ para su aplicación, cumpliendo con los principios éticos correspondientes. Los participantes recibieron información clara sobre las características del estudio mediante el formato de consentimiento informado, lo que les permitió comprender el objetivo y las condiciones de su participación. Esta fue voluntaria y podían retirarse en cualquier mo-



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL

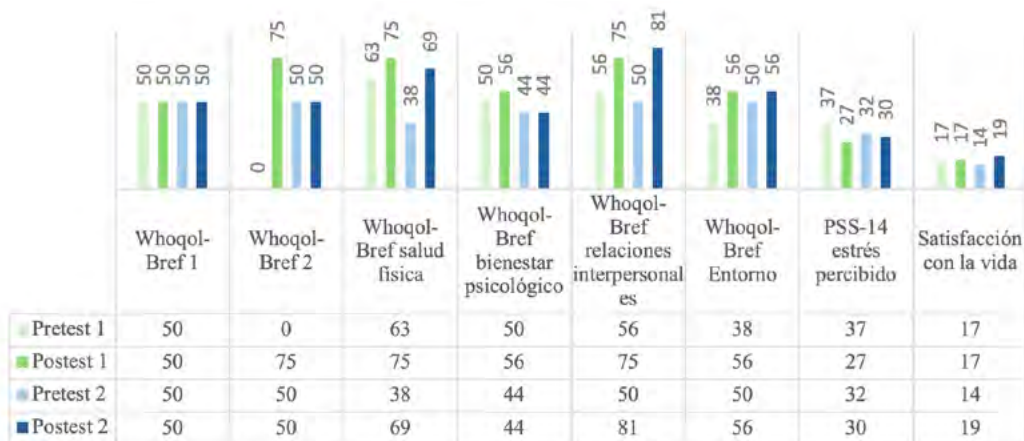


UACJ
POR EL MUNDO

mento sin consecuencias. Los datos personales fueron resguardados conforme al código ético profesional del psicólogo. Asimismo, se compartieron datos de contacto para mantener a los participantes informados, atender dudas o inquietudes y, si así lo solicitaban, proporcionarles los resultados obtenidos al finalizar el programa, con el fin de garantizar la transparencia del estudio. El CAP Sevilla (DIF) dispuso de profesionales de la salud mental para brindar intervención psicológica en caso de crisis emocionales. Este servicio permaneció disponible durante todas las sesiones, con acompañamiento del personal del CAP Sevilla a la ponente, aunque no fue necesario utilizarlo.

Las participantes fueron mujeres de 38 y 47 años, ambas casadas y con escolaridad media.

Figura 2. Resultados pre y postest de calidad de vida, satisfacción con la vida y estrés percibido. Comparación de puntuaciones en la escala WHOQOL-BREF, satisfacción con la vida y estrés percibido PSS-14.



Los resultados muestran una tendencia positiva de mejora en las puntuaciones.

Tabla 1. Cálculo del índice de cambio fiable (RCI). Nota: cambios significativos cuando $RCI \geq 1.65$.

Variables	Participantes	Pretest	Postest	RCI
Whoqol-Bref (Salud Física)	1	63	75	2.04*
	2	38	69	5.29*
Whoqol-Bref (Bienestar psicológico)	1	50	56	0.92
	2	44	44	0
Whoqol-Bref (Relaciones interpersonales)	1	56	75	3.59*
	2	50	81	5.86*
Whoqol-Bref (Entorno)	1	38	56	3.07*
	2	50	56	1.02
PSS-14 Estrés percibido	1	37	27	2.73*
	2	32	30	0.54

Los resultados de la Tabla 1 indican incremento en la calidad de vida percibida, disminución del estrés y aumento en la satisfacción con la vida (principalmente en la participante 2).

Discusión y conclusiones

La terapia de aceptación y compromiso mostró impacto positivo en las escalas evaluadas, con diferencias estadísticamente significativas entre pretest y postest. Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas que respaldan la eficacia de la ACT para mejorar calidad de vida y reducir estrés [22]–[24].



El cambio significativo en relaciones interpersonales resalta el potencial de la ACT para fortalecer vínculos familiares mediante procesos de aceptación y acción guiada por valores personales.

Algunas dimensiones no alcanzaron cambios significativos, posiblemente por la duración del programa o factores contextuales. La dimensión del entorno representa un desafío frecuente, por lo que se recomienda fortalecer futuras intervenciones en este aspecto.

En conclusión, el estudio generó impacto clínico y social al atender a una población vulnerable que suele quedar invisibilizada: cuidadores principales de personas con enfermedad mental. Se recomienda continuar desarrollando este tipo de intervenciones y optimizar el programa para potenciar sus efectos.

Considerando los resultados positivos observados en la calidad de vida y el bienestar de las participantes, surge una pregunta clave: si este tipo de intervención puede mejorar significativamente la vida de quienes cuidan a un familiar con enfermedad mental, ¿qué impacto podría tener si se aplicara de forma más amplia en otras familias que enfrentan la misma situación?

Referencias

- [1] E. Velarde Jurado and C. Ávila Figueroa, "Evaluación de la calidad de vida," *Revista Salud Pública de México*, pp. 349–361, 2002. [Online]. Available: <https://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v44n4/14023.pdf>
- [2] J. A. López Huerta, R. A. González Romo and J. M. Tejada Taybas, "Propiedades psicométricas de la versión en español de la escala de calidad de vida WHOQOL-BREF en una muestra de adultos mexicanos," 2015. [Online]. Available: <https://www.aidep.org/sites/default/files/2017-09/R44-Art9.pdf>
- [3] D. Poston, A. Turbull, J. Park, H. Mannan, J. Marquis and M. Wang, "Calidad de vida familiar: un estudio cualitativo," *Revista Española Sobre Discapacidad Intelectual*, vol. 35, pp. 31–48, 2004. [Online]. Available: <https://sid-inico.usal.es/docs/F8/ART6737/articulos3.pdf>
- [4] M. N. Bautista De Los Santos, "Estigma negativo y enfermedad mental: impacto en personas con esquizofrenia y su entorno," 2017. [Online]. Available: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/10965/1/Bautista%20De%20los%20Santos%2c%20Mauricio%20Nicol%2c%20a%20l.pdf>
- [5] D. Sevillano Miranda and E. Garrosa Hernández, "Diseño de un programa psicoeducativo para familiares de personas con primer episodio psicótico," Universidad Autónoma de Madrid, España, 2023.
- [6] Organización Mundial de la Salud, "Salud mental: fortalecer nuestra respuesta," 2018. [Online]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-strengthening-our-response>
- [7] M. Dey, R. Paz Castro, S. Haug and M. P. Schaub, "Quality of life of parents of mentally-ill children: a systematic review and meta-analysis," *Epidemiology and Psychiatric Sciences*, vol. 28, no. 5, pp. 563–577, 2019. doi: <https://doi.org/10.1017/S2045796018000409>
- [8] A. Leyva-López *et al.*, "Estudio de la calidad de vida en cuidadores familiares de personas con discapacidad intelectual," *Salud Pública de México*, vol. 64, no. 4, pp. 397–405, 2022. [Online]. Available: <https://www.saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/13325/12281>
- [9] C. Medina-Pradas, "Actualización en torno a la emoción expresada: consideraciones teóricas, metodológicas y prácticas," *Revista de Psicoterapia*, vol. 27, no. 103, pp. 251–266, 2016.
- [10] M. Mayoral, M. Rapado, A. Calvo and S. Al-Halabi, "Intervenciones familiares psicoeducativas en psicosis," in *Tratamientos psicológicos para la psicosis*, E. Fonseca, Ed. Madrid: Pirámide, 2019, pp. 237–253.
- [11] M. D. C. Martínez-Cardona *et al.*, "Relaciones de familia en pacientes con esquizofrenia,"



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO

- Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, vol. 39, no. 5, pp. 643–650, 2020. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4262890>
- [12] C. E. Ruíz Maza, “Afrontamiento familiar frente a trastornos mentales grupo compartiendo por la salud mental – Cajamarca, 2018,” 2019. [Online]. Available: http://190.116.36.86/bitstream/handle/20.500.14074/2763/T016_47141043_T.pdf
- [13] Universidad Internacional de la Rioja (UNIR), “La terapia de aceptación y compromiso y sus aplicaciones en la psicología,” 2021. [Online]. Available: <https://www.unir.net/revista/salud/terapia-aceptacion-y-compromiso-act/>
- [14] S. C. Hayes, K. D. Strosahl and K. G. Wilson, *Terapia de aceptación y compromiso. Proceso y práctica del cambio consciente (Mindfulness)*. Bilbao: Desclée De Brouwer, 2014.
- [15] M. Jurado Andino, “Una mirada introductoria a la terapia de aceptación y compromiso,” *Revista Griot*, vol. 10, no. 1, pp. 70–87, 2018. [Online]. Available: <https://revistas.upr.edu/index.php/griot/article/download/11907/11444>
- [16] M. Valladarez Gonzales, “La familia. Una mirada desde la Psicología,” *Revista Electrónica de las Ciencias Médicas en Cienfuegos*, vol. 6, no. 1, 2008. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/1800/180020298002.pdf>
- [17] M. L. Rascón, M. Valencia, T. Dominguez, H. Alcántara and L. Casanova, “Necesidades de los familiares de pacientes con esquizofrenia en situaciones de crisis,” *Salud Mental*, vol. 37, no. 3, pp. 239–246, 2014. [Online]. Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252014000300008
- [18] N. S. Jacobson and P. Truax, “Clinical significance: a statistical approach to defining meaningful change in psychotherapy research,” *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, vol. 59, pp. 12–19, 1991.
- [19] K. G. Wilson and M. C. Luciano, *Terapia de aceptación y compromiso (ACT): un tratamiento conductual orientado a los valores*. Madrid: Pirámide, 2002. [Online]. Available: <https://www.intercontext.org/wp-content/uploads/2022/11/Wilson-y-Luciano-2002-Terapia-de-Aceptacion-y-Compromiso-Un-Tratamiento-Conductual-Orientado-a-Los-Valores-v2-1.pdf>
- [20] D. Lobato, F. Montesinos, E. Polin and S. Cáliz, “Third-generation behavioural therapies in the context of neurodevelopmental problems and intellectual disabilities: a randomised clinical trial with parents,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 20, no. 5, 4406, 2023. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph20054406>
- [21] S. C. Hayes, K. Strosahl and K. G. Wilson, *Acceptance and Commitment Therapy: The Process and Practice of Mindful Change*, 2nd ed. New York: Guilford Press, 2012. [Online]. Available: <https://psycnet.apa.org/record/2012-00755-000>
- [22] P. Lappalainen *et al.*, “Supporting parents of children with chronic conditions: a randomized controlled trial of web-based and self-help ACT interventions,” *Internet Interventions*, vol. 24, 100382, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.invent.2021.100382>
- [23] K. Whittingham, J. Sheffield, C. Mak, A. Wright and R. Boyd, “Parenting Acceptance and Commitment Therapy: an RCT of an online course with families of children with CP,” *Behaviour Research and Therapy*, vol. 155, 104129, 2022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.brat.2022.104129>
- [24] M. J. Espallardo Uribe, M. Á. Abad Mateo and I. Martínez González-Moro, “Efectos en la calidad de vida de pacientes con fibromialgia tras un tratamiento integrado de fisioterapia y atención plena: un estudio cuasiexperimental pre-postintervención,” *Fisioterapia*, pp. 37–42, 2022. [Online]. Available: <https://www.elsevier.es/es-revista-fisioterapia-146-articulo-efectos-calidad-vida-pacientes-con-S0211563821000833>



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ
POR EL MUNDO