

Panamacani

Revista de Divulgación de Ciencias Farmacéuticas

Facultad de Ciencias Químicas | Año 2 • Núm. 03



UNIVERSIDAD
DE COLIMA



Detalle de *Plantae benigna* (2024),
acrílico sobre tela, 60x40cm.
Autor: Rogelio Silva

Ecofarmacovigilancia: el efecto de los medicamentos sobre el medio...

Juan Saulo González-González • Pág. 5

La medicina tradicional: ¿qué tan segura es?

Marco Antonio García Ríos • Pág. 8

Metales en los medicamentos ¿bueno o malo?

Dalia Michelle Salas Hernández y Ximena Ramos Santiago • Pág. 10

La importancia de la farmacovigilancia con enfoque en las enfermedades...

Stephania Georgette Quiroz Calvario y Ma. de Lourdes Ricardo García • Pág. 13

Sistemas matriciales inertes para el tratamiento del síndrome de colon...

Javier Ulises Mercado Espino • Pág. 16

Reposicionamiento de medicamentos como estrategia contra el cáncer

Juan Manuel Sandoval Valverde y Tania Ferrer Villada • Pág. 18

Bi-geles, una nueva alternativa cosmética

Grecia Torres Barajas y Gloria Lizeth Valdez Benavides • Pág. 20

El cáncer de piel

Dianely Verján Andrade • Pág. 22

Nanopartículas en medicamentos y tratamientos

Ramiro Karim Rivas Dávalos y Diego Nicolás Sánchez Meza • Pág. 25

Bioremediadores: aprovechando las heces caninas para la producción...

Abraham Hernández Rangel • Pág. 28

DIRECTORIO

Rector de la Universidad de Colima
Christian Jorge Torres Ortiz Zermeño

Secretario General
Joel Nino Jr.

Coordinador General de Comunicación Social
Jorge Martínez Durán

Directora General de Publicaciones
Ana Karina Robles Gómez

Directora de la Facultad de Ciencias Químicas
Hortensia Parra Delgado

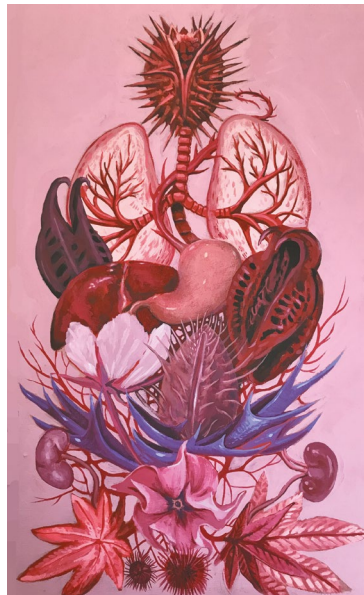
Editor
Daniel Alberto Montes Galindo

Comité de revisión
Jesús Enrique Castrejón Antonio
Hector Rafael Galván Salazar
Alejandra Elizabeth Hernández Rangel

Coordinador de portada
Areck

Programa Editorial Periódico
Jorge Arturo Jiménez Landín

Cuidado de la edición y diseño
Glenda Gilda Herrera Callejas



Portada

Título: *Plantae benigna*
Técnica: acrílico sobre tela
Medidas: 60x40 cm
Año: 2024
Artista: Rogelio Silva

Composición basada en plantas típicas de la medicina tradicional, consideradas como beneficiosas por muchas de las propiedades curativas que se les atribuyen, pero tóxicas o directamente venenosas en dosis elevadas. Escogidas por la apariencia agresiva de sus semillas, los brotes, tallos y las hojas,

buscando una estética de ilustración científica del reino de las plantas fusionada con la de la anatomía interna humana.

EDITORIAL

Diferencias y coincidencias de la medicina científica y tradicional

Retos de una integración necesaria para nuestra sociedad

Ivan Delgado-Enciso

Facultad de Medicina, Universidad de Colima
Instituto Estatal de Cancerología, IMSS-
Bienestar, Colima, México

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la medicina tradicional es la suma de los conocimientos, habilidades y prácticas basadas en las teorías, creencias y experiencias indígenas de diferentes culturas, explicables o no, que se utilizan en el mantenimiento de la salud y la prevención, el diagnóstico, la mejora o el tratamiento de enfermedades físicas y mentales (World Health Organization, 2023). Ésta usa recursos naturales (plantas, animales o minerales), terapias espirituales y técnicas manuales, con el objetivo de mantener la salud, tanto individual como comunitaria (Pereyra-Elías & Fuentes Delgado, 2012).

Por otro lado, la medicina científica, también conocida como medicina alopática u occidental, es la práctica convencional considerada oficial en nuestro sistema de salud (Pereyra-Elías & Fuentes Delgado, 2012). En la medicina científica se articula la relación entre investigación e industria farmacéutica y se asienta la estadística como procedimiento principal para dotar a la medicina de base científica. A finales del siglo XX se introduce el concepto de "medicina basada en la evidencia", que refuerza a la medicina científica. Esta práctica implica que los protocolos estandarizados,

respaldados por estudios científicos, reemplazan progresivamente las opiniones y experiencias individuales de cada médico.

Para muchos, la medicina científica y tradicional parecen irreconciliables y situadas en extremos opuestos del espectro médico. Una realidad es que, en nuestra sociedad, ambos tipos de medicina conviven, pues el paciente que acude a un hospital también frecuentemente toma remedios o aplica otros tipos de procedimientos tradicionales (Barajas-Saucedo & Delgado-Enciso, 2021). En esta aparente dicotomía, coexisten en una relación desequilibrada y en ocasiones carente de respeto mutuo. La medicina tradicional a menudo es subestimada y menospreciada debido a su carácter empírico y a la dimensión mágico-religiosa que la puede sustentar parcialmente. El escepticismo frente a estas prácticas con frecuencia se traduce en desprecio y marginación.

Sin embargo, ambos tipos de prácticas tienen una gran similitud, ya que comparten un propósito común: existe un impulso fundamental en la humanidad que busca alcanzar la salud, siendo el objetivo último de ambas medicinas servir a quienes padecen enfermedades, o bien prevenirlas. Ambas son sistemas médicos, es decir, cada cultura desarrolla un conjunto de conocimientos y prácticas que explican y manejan el proceso salud-enfermedad en sus distintas dimensiones y culturas. Ambas son reconocidas en sus respectivas sociedades, desempeñando un papel crucial, y ninguna es marginada por la cultura a la que pertenecen.

Negar la realidad, ignorar que ambos tipos de medicinas conviven en nuestra comunidad, es una postura frecuente en el personal de la salud con formación científica. Sin embargo, esta postura priva a nuestros pacientes de la posibilidad de obtener lo mejor de dos mundos y visiones. Ambos tipos de medicinas deben convivir de manera armónica. Esta no es una visión personal, sino una visión ya reconocida por la OMS. La interculturalidad surge como una opción para mejorar la salud,

permitiendo que cada cultura, manteniendo su identidad, pueda aceptar y adoptar procedimientos ajenos para optimizar la atención y así abordar los grandes problemas nacionales que existen en esta materia.

No se trata de que los pacientes dejen sus tratamientos o procesos convencionales, estos son necesarios, si no que también se integren estrategias adicionales que puedan ayudar y potenciar, de alguna manera, los tratamientos y estrategias convencionales científicos. Pero en la medicina tradicional, como por ejemplo en la herbolaria, debe ser indicada por expertos del área, pues una mala indicación o una sobredosificación pueden ser contraproducentes para el paciente. Esto potenciado, en parte, por la idea errónea de que lo natural no causa daño, lo cual puede ser totalmente falso. Muchos remedios herbolarios en exceso pueden causar toxicidades muy adversas para los pacientes. Por ello, existen dos grandes retos muy relevantes:

4

1. Siendo que es una realidad el uso la medicina tradicional en todo el mundo, vigilar la seguridad de sus productos y prácticas es un área de trabajo importante y prioritaria. La OMS alienta a los Estados Miembros a establecer un sistema integrado de farmacovigilancia, tanto de los productos farmacéuticos convencionales, como de los productos de medicina tradicional, complementaria e integradora.
2. Hacer mas investigación científica en el área tradicional. Esto ayudará a que los productos tradicionales sean manejados con bases científicas y el personal de salud tenga mas confianza en su uso y sea mas aceptado. En este sentido, hay mucho por hacer. Recientemente el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT), a través de la convocatoria "Propuestas de proyectos nacionales de investigación e incidencias 2023", aprobó un proyecto para estudiar el efecto del té de guanábana en pacientes con cáncer,

lo cual ayudará a establecer mejores bases para su uso. Éste es un ejemplo de como también la ciencia puede ayudar a la medicina tradicional para una convivencia armónica.

En este número de *Panamacani* se muestran diversas visiones de la medicina científica, pero también de la medicina tradicional, aspecto que es de reconocer, pues actualmente nuestra sociedad está inmersa en un camino de integración de ambas medicinas, que sin duda no será fácil, pero la divulgación es uno de los primeros pasos.

Referencias

- Barajas-Saucedo, C. E., & Delgado-Enciso, I. (2021). Herbolaria en nuestra sociedad: Antes, durante y después de la pandemia. En J. F. Rivas Guzman (Ed.), *La experiencia Covid-19. Colima, reflexiones y propuestas* (1st ed., pp. 139-150). Puertabierta Editores, S.A. de C.V. https://www.researchgate.net/publication/374001766_Herbolaria_en_nuestra_sociedad_Antes_durante_y_despues_de_la_pandemia
- Pereyra-Elías, R., & Fuentes Delgado, D. (2012). Medicina Tradicional versus Medicina Científica ¿En verdad somos tan diferentes en lo esencial? *Acta Médica Peruana*, 29(2), 62-63.
- World Health Organization. (2023). *Medicina tradicional: definiciones*. <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/traditional-medicine>

Ecofarmacovigilancia

El efecto de los medicamentos sobre el medio ambiente

Juan Saulo González-González

Profesor investigador de la Universidad de la Cañada, Oaxaca, México

Los medicamentos se emplean para tratar y prevenir enfermedades, lo cual ha permitido salvar millones de vidas. Sin embargo, su uso excesivo se ha empezado a convertir en un problema ambiental, debido a su efecto contaminante, principalmente en el medio acuático.

La ecofarmacovigilancia se define como la “ciencia y actividades relativas a la detección, evaluación, comprensión y prevención de los efectos adversos u otros problemas relacionados con la presencia de los productos farmacéuticos en el medio ambiente, que afectan a humanos y a otras especies animales” (Castro-Pastrana *et al.*, 2015).

Fuentes de fármacos como contaminantes

El origen de los fármacos como contaminantes en las aguas residuales provienen de fuentes domésticas, hospitalarias, industriales y agropecuarias (Tomasini y Macías-Paredes, 2023):

- Las fuentes domésticas incluyen los fármacos y sus metabolitos, que son depositados en el drenaje como consecuencia del proceso de excreción de los mismos después de utilizarlos como parte de un tratamiento médico. También se incluyen los medicamentos que son desechados de manera inadecuada en el drenaje y en la basura.
- Los hospitales vierten al drenaje restos de los medicamentos que se utilizan diariamente como parte de sus actividades.
- La industria farmacéutica genera desechos como parte de los procesos de

limpieza de los equipos y de la fabricación de medicamentos.

- Las fuentes agropecuarias incluyen los fármacos y sus metabolitos excretados por los animales a los que se les ha administrado algún medicamento veterinario.

Es importante mencionar que la mayoría de plantas de tratamiento no son capaces de tratar los desechos de medicamentos porque normalmente no habían sido considerados como contaminantes.

Principales grupos de fármacos encontrados en aguas residuales

Los grupos de fármacos encontrados con más frecuencia en las aguas residuales están directamente relacionados con los principales padecimientos de la población (Quesada, 2009). Los principales tipos de fármacos presentes como contaminantes en el agua o el suelo se muestran en la tabla 1.

Las propiedades de los fármacos que se toman en cuenta al evaluar su afinidad para depositarse en el ambiente son (Castro-Pastrana *et al.*, 2015):

- Solubilidad acuosa: los fármacos más hidrosolubles se acumulan menos y se degradan más fácilmente.
- Adsorción: fármacos con alto coeficiente de adsorción se depositan con mayor facilidad en el suelo y pueden ser arrastrados a los cuerpos de agua.
- Biodegradación aerobia o por microorganismos: influye en la vida media ambiental, es decir, el tiempo que tarda la concentración del fármaco en reducirse a la mitad.
- Bioacumulación: se refiere a la capacidad que tienen los fármacos para acumularse en los organismos.
- Ecotoxicidad: es la toxicidad aguda o crónica propia de los fármacos sobre los organismos.

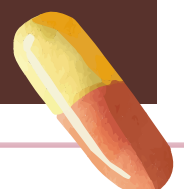




Tabla 1

Principales tipos de fármacos encontrados frecuentemente en el ambiente

Tipo de fármaco	Usos	Ejemplos
Analgésicos-antiinflamatorios no esteroideos	Tratamiento de dolor, inflamación y fiebre	Ibuprofeno, metamizol, paracetamol
Antibióticos	Tratamiento de infecciones por bacterias	Eritromicina, levofloxacino, sulfametoxazol, oxitetraciclina
Antiácidos	Inhibición de la acidez gástrica estomacal	Esomeprazol, lansoprazol y pantoprazol
Corticosteroides	Antiinflamatorios	Dexametasona, prednisona
Antidepresivos	Tratamiento de la depresión	Fluoxetina
Antihipertensivos	Tratamiento de la hipertensión arterial	Atenolol, propanolol y metoprolol
Reguladores lipídicos	Disminución de los niveles sanguíneos de colesterol y triglicéridos	Benzafibrato, clofibrato, fenofibrato
Hormonas esteroideas	Anticonceptivos y tratamientos de deficiencia hormonal	Estradiol, testosterona, α -etinilestradiol

6

Consecuencias de la presencia de fármacos en el ambiente

Las concentraciones de los fármacos y sus metabolitos en las aguas residuales no constituyen, normalmente, un riesgo para los humanos, sin embargo, su clasificación como contaminantes surge debido a sus efectos sobre las diferentes especies animales que están expuestas a ellos, al estar en contacto directo con los cuerpos de agua contaminados. Los fármacos y sus metabolitos afectan los sistemas reproductivos en peces (feminización en peces macho por exposición a hormonas sexuales). Además, ciertas especies de buitres han sido afectadas ya que, al alimentarse de ganado muerto tratado con ibuprofeno, desarrollan insuficiencia renal y mueren. Estas situaciones contribuyen a la reducción de las especies y al posible desequilibrio ecológico de los ecosistemas (Torelló, 2018).

La presencia de pequeñas cantidades de antibióticos en los cuerpos de agua puede contribuir al desarrollo de resistencia a antibióticos de bacterias patógenas patógenas (Tejada *et al.*, 2014).

Los efectos sobre los humanos deben estudiarse como consecuencia de la exposición crónica a los contaminantes.

Estrategias para disminuir la contaminación por medicamentos

Algunas estrategias planteadas para disminuir la contaminación por medicamentos son:

- Realizar las modificaciones en las leyes y normas para clasificar a los medicamentos como contaminantes y establecer límites permitidos.
- Mejorar los sistemas de detección y monitoreo de contaminantes.

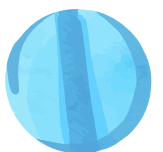
- Desarrollar métodos de tratamiento para los contaminantes más dañinos.
- Evitar el sobreconsumo de medicamentos.
- Realizar la disposición correcta de los medicamentos caducados.
- En la medida de lo posible, los médicos deben preferir el tratamiento con fármacos ecoamigables cuando existan varias opciones terapéuticas para un mismo padecimiento.
- En la medida de lo posible, considerar el diseño de fármacos ecoamigables.

Conclusión

La contaminación por fármacos es una problemática actual que va en aumento debido al uso excesivo de medicamentos. Es necesario abordar este problema desde diferentes perspectivas para reducirlo y evitar el daño a los ecosistemas acuáticos.

Referencias

- Castro-Pastrana, L. I., Baños-Medina, M. I., López-Luna, M. A., & Torres-García, B. L. (2015). Ecofarmacovigilancia en México: perspectivas para su implementación. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 46(3), 16-40.
- Quesada, P. I., Jáuregui, H.U. J., Wilhelm, A. M., & Delmas, H. (2009). Contaminación de las aguas con productos farmacéuticos. Estrategias para enfrentar la problemática. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 40(3), 173-179.
- Tejada, C., Quiñonez, E., & Peña, M. (2014). Contaminantes emergentes en aguas: metabolitos de fármacos. Una revisión. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 10(1), 80-101.
- Tomasini, A., & Macías-Paredes, C. (2023). ¿Por qué los fármacos son contaminantes del ambiente?. *Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería*, (129), 48-55.
- Torelló, F. E. (2018). Efectos de los medicamentos en el medio ambiente. *MoleQla: revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, (28), 5.



La medicina tradicional: ¿qué tan segura es?

Marco Antonio García Ríos
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Colima, Colima, México

Es común escuchar a nuestros familiares sugerirnos tomar algún té o caldos de distintos tipos cuando estamos enfermos, todos estos remedios son conocidos como medicina tradicional, que es lo mismo que etnomedicina. Sin embargo, existe un problema que debe ser atendido por la comunidad en general, pues si bien es cierto que las plantas pueden tener propiedades medicinales, éstas pueden venir acompañadas de efectos adversos que, en algunos casos, podrían ser de gravedad.

La etnomedicina es estudiada por la química de los productos naturales, en su rama de fitoquímica, y es en este tipo de análisis donde se da certeza y rigor científico de los efectos terapéuticos de los productos medicinales tradicionales. Hablamos de estandarizar un producto cuando estudiamos a la sustancia química, se analizan sus propiedades farmacocinéticas (efectos de nuestro metabolismo sobre la sustancia), la farmacodinamia (efectos terapéuticos de la sustancia sobre nuestro cuerpo) y, en base a esto, decidimos cuál es la mejor dosis que debe tener nuestro producto para conservar las propiedades beneficiosas y evitar efectos tóxicos a mayor medida (Paul & Kumar, 2023).

De aquí en adelante, es importante esclarecer por qué las plantas tienen propiedades medicinales, y no es más que química, pues dentro de cada tejido de las plantas existen una gran cantidad de compuestos distintos, de los cuales uno o varios tienen la capacidad de generar algún efecto beneficioso sobre nuestro cuerpo; pero, así como existen compuestos medicinales, también los hay tóxicos o incluso los propios químicos medicinales pueden resultar peligrosos. Sabido es que la dosis hace al veneno (Organización Mundial de la Salud, 2023).

Un ejemplo de un remedio herbolario que causó problemas considerablemente fuertes es la de la planta *Thevetia peruviana*, mejor conocida como codo de fraile. Se emplearon las semillas de esta especie en productos o remedios que se usaban para bajar de peso, lo cual sí funcionaba; sin embargo, hubo reportes de intoxicación aguda y crónica por el consumo de esta planta. La causa de la toxicidad de las semillas es que en ellas se contienen ciertos compuestos de origen esteroideo glucosilados, es decir, que tienen una azúcar unida en su composición, a estos compuestos se les conoce como cardenólidos (Cole & Corcoran, 2020).

Los cardenólidos afectan a ciertas estructuras que se encuentran en las células del corazón; son una especie de "bomba" que regula el movimiento de algunas sustancias importantes, como el sodio (Na^+) y el potasio (K^+). Este componente celular se llama bomba sodio-potasio. Cuando esta bomba se inhibe o se "tapa", el sodio se queda atrapado dentro de las células en lugar de salir. Esto causa que aumente otra sustancia, llamada calcio (Ca^{2+}),



dentro de las células. El calcio es muy importante porque ayuda a que el corazón se contraiga con más fuerza. Entonces, cuando hay más calcio dentro de las células del corazón, éste se contrae con más fuerza –esto se llama inotropía– y también puede latir más despacio –síntoma conocido como bradicardia–.

Sin embargo, el exceso de sodio y calcio dentro de las células también puede causar problemas, porque hace que las células del corazón sean más propensas a latir de manera anormal –conocido como arritmias–. En algunos casos registrados existieron efectos duraderos perpetuos o incluso la muerte por el consumo de la semilla de esta especie (Azua-ra-Antonio *et al.*, 2022).

Por otro lado, existen muchos productos estandarizados, los cuales cumplen criterios no sólo relacionados con el marco legal de México, sino también que están ampliamente estudiados y que han pasado por arduos procesos para su desarrollo, como el caso de un medicamento en forma de comprimidos llamado MD SENN, producido por Laboratorios Biofarma Natural. Este producto tiene contenido un extracto perfectamente medido de la especie *Cassia angustifolia* –conocida como sen de la India–, el cual se emplea para el estreñimiento (COFEPRIS, 2017).

En conclusión, es importante resaltar que no está mal el uso de remedios herbolarios como una alternativa a la medicina alopática –la que puedes comprar en una farmacia–, sino que para suplir a productos estandarizados se debe poseer mucha precaución y, sobre todo, no creer en productos milagros, pues suelen carecer de calidad y seguridad.



Referencias

- Azuara-Antonio, O., Hernández-Roque, N. A., Ruíz-Cacique, J. A., Azuara-Antonio, O., Hernández-Roque, N. A., & Ruíz-Cacique, J. A. (2022). *Thevetia peruviana* intoxication and electrocardiographic manifestations: A case series. *Revista Médica Del Hospital General de México*, 85(1), 50–54. <https://doi.org/10.24875/hgmx.21000064>
- COFEPRIS (2017). Listados de Registros Sanitarios de Medicamentos. gov.mx. Recuperado el 28 de mayo de 2024, de <https://www.gob.mx/cofepris/documentos/registros-sanitarios-medicamentos>
- Cole, J. B., & Corcoran, J. N. (2020). Yellow Oleander (*Thevetia peruviana*), a source of toxic cardiac glycosides, may be substituted for candlenuts (*Aleurites moluccana*) when taken as a weight-loss supplement. *Cardiology in the Young*, 30(11), 1755–1756. <https://doi.org/10.1017/S1047951120003480>
- Organización Mundial de la Salud. (2023). Recuperado el 28 de mayo de 2024, de <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/traditional-medicine>
- Paul, T., & Kumar, K. J. (2023). Standardization of Herbal Medicines for Lifestyle Diseases. En A. K. Dhara & S. C. Mandal (Eds.), *Role of Herbal Medicines: Management of Lifestyle Diseases* (pp. 545–557). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-99-7703-1_27

Metales en los medicamentos ¿bueno o malo?

Dalia Michelle Salas Hernández

Ximena Ramos Santiago

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Colima, Colima, México

La integración de metales en los medicamentos ha sido una práctica recurrente a lo largo de la historia de la medicina, destacándose tanto por sus prometedores beneficios terapéuticos como por sus potenciales riesgos toxicológicos. Desde el uso de compuestos de hierro para tratar la anemia hasta la aplicación de sales de platino en quimioterapia, los metales desempeñan un papel crucial en diversos tratamientos médicos. La farmacología moderna no sólo ha heredado estos conocimientos ancestrales, sino que también ha desarrollado nuevas aplicaciones de metales, gracias a los avances en la bioquímica y la nanotecnología.

Es por esto que la ciencia se ha enfocado en la búsqueda de nuevas moléculas que ayuden a combatir patologías de preocupación mundial. Para que un medicamento pueda salir al mercado es necesario cumplir con las fases de investigación y desarrollo, las cuales se subdividen en más fases que llevan a su creación y comercialización. En la fase de investigación, los expertos se centran en la creación de compuestos, mientras que en el desarrollo se realizan estudios clínicos en personas para evaluar la seguridad y eficacia del nuevo medicamento.

Diversos grupos de investigación se han centrado en la creación de medicamentos a base de metales. Dichos medicamentos van acompañados de iones (o átomos) metálicos. La adición de estos puede potenciar la acción de una molécula ya conocida o disminuir los efectos secundarios. A esta parte de la química se le llama química organometálica o quí-

mica de coordinación, dependiendo del tipo de interacción del metal.

Existen diferentes tipos de metales presentes en los medicamentos, tales como los metales esenciales, que forman un papel muy importante en los procesos biológicos como el mantenimiento de los huesos (calcio), transporte de oxígeno en sangre (hierro) y producción de enzimas (zinc). En contraste, existen metales tóxicos presentes en los medicamentos, pero en muy bajas cantidades, tal como el plomo, que es utilizado para tratar la indigestión, el mercurio para la conservación de algunas vacunas y el cadmio para el tratamiento de dermatitis en el cuero cabelludo. Estos metales pueden acumularse en grandes cantidades en el organismo y resultar tóxicos, ocasionando síntomas como dolor de cabeza, fatiga, debilidad muscular, irritación de la piel y, en casos graves, daño cerebral, renal y problemas cardíacos, pudiendo ser irreversibles e incluso mortales (Ferrer, 2003).

10



Hablemos sobre algunos metalofármacos...

Cisplatino es un medicamento que ataca células cancerosas malignas. Se trata de un complejo de platino (Pt), su efecto se basa en la inhibición de la síntesis del ADN de las células cancerígenas. El cisplatino se utiliza como quimioterapia para tratar diferentes tumores, como el cáncer en testículos, vejiga, estómago, cabeza, cuello, ovario y pulmón. Pero no todo es tan bueno, ya que no sólo inhibe la síntesis de ADN de células

cancerígenas, sino que también la de todos los procesos vitales para el ser humano (Dasari y Tchounwou, 2014).

Por otra parte, los metales también son utilizados con fines diagnósticos, tal es el caso del gadolinio, el hierro y el manganeso, con los cuales se pueden hacer resonancia magnética y obtener imágenes de tejidos, por ejemplo, se pueden obtener imágenes de tumores cerebrales con el gadolinio, el cloruro férrico ayuda a obtener imágenes del tracto gastrointestinal y las sales de manganeso se usan para obtener imágenes del corazón. Por último, los metales también pueden utilizarse con fines terapéuticos, como el tratamiento de la anemia con las sales de hierro. Otro ejemplo es el platino, que se utiliza en las quimioterapias contra tumores que se encuentran en la cabeza o cuello (Libre Text Chemistry Farmaindustria, 2021).

El descubrimiento del cisplatino generó interés en la búsqueda de nuevos metalofármacos, tal es el caso de los complejos de coordinación de vanadio (V), que presentan actividad insulino-mimética o antidiabética, tanto *in vitro* como *in vivo*. Es decir, aumentan la tolerancia a la glucosa y disminuyen los niveles de colesterol y triglicéridos en plasma (Barán, 2014).

En estudios realizados fue demostrado que la presencia del átomo de silicio en compuestos derivados del ibuprofeno le confiere al compuesto mayor lipofilicidad (capaz de disolverse en grasas), lo que resulta en una mayor penetración

del compuesto en las células y, en consecuencia, una mejor actividad biológica (Pérez *et al*, 2020).

Los metales en los medicamentos pueden no ser siempre tóxicos, al contrario, pueden estar en compuestos para ayudar a su eficacia, como en el caso de los compuestos ya mencionados de tipo sililalquil ésteres y amidas derivadas del ibuprofeno, el cual ayuda a mejorar la penetración del compuesto en las células. Sin embargo, se debe tener en cuenta que cualquier metal en exceso en el organismo es tóxico, y es por esto que se deben hacer pruebas de toxicidad a cada fármaco candidato a ser un medicamento. Los metales nos pueden ayudar a disminuir efectos adversos de los medicamentos ya existentes, aumentar la eficacia y disminuir su vida media, pero con efectos prolongados.

En conclusión, el desarrollo de metalofármacos rompe con los paradigmas del descubrimiento farmacéutico convencional y sobrepasa los límites disciplinarios tradicionales, aún falta mucho por investigar y descubrir, pero, proporciona una nueva vía de creación de medicamentos y mayor esperanza de vida.

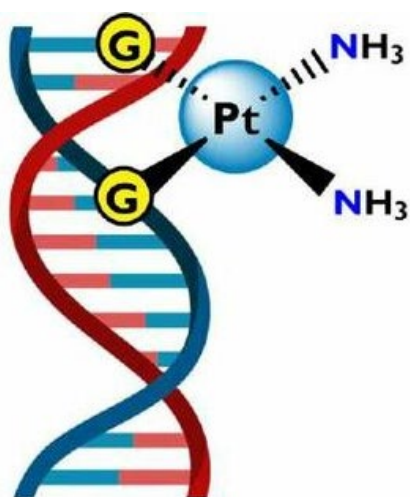


Figura 2. Inhibición de la síntesis de ADN por cisplatino

Referencias

- Barán, E. (2014) Metalofármacos: una nueva perspectiva para la farmacología y la medicina. *Anales Acad. Nac. de Cs. Ex., Fís. y Nat.*, tomo 66 (2014): 5-21.
- Bertini, I., Gray, H., Lippard, S.J., Selverstone, J. (2023). *Bioinorganic Chemistry*. Libre Texts.9: Metals in Medicine. Recuperado el 28/05/24, de: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Inorganic_Chemistry/Book3A_Bioinorganic_Chemistry_\(Bertini_et_al.\)/09%3A_Metals_in_Medicine](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Inorganic_Chemistry/Book3A_Bioinorganic_Chemistry_(Bertini_et_al.)/09%3A_Metals_in_Medicine)
- Dasari, Shaloom, y Paul Bernard Tchounwou. «Cisplatin in Cancer Therapy: Molecular Mechanisms of Action». *European Journal of Pharmacology* 740 (5 de octubre de 2014): 364-78. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2014.07.025>.
- Ferrer, A.. (2003). Intoxicación por metales. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 26(Supl. 1), 141-153. Recuperado en 30 de mayo de 2024, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_

arttext&pid=S1137-66272003000200008&lng=es&tlng=es.

- Libre Text Chemistry. Farmaindustria. (2021) Reportaje: Cuánto tiempo se tarda en desarrollar un medicamento y por qué. Recuperado el 28/05/24, de: <https://www.farmaindustria.es/web/reportaje/cuanto-tiempo-se-tarda-y-por-que-en-desarrollar-un-medicamento/>
- López, E; Sanchez-Pavón, E; Peña-Rodríguez, R; Romero, D; Villanueva, J; Colorado-Peralta J; y Morales-Morales, D. (2022) «Metalofármacos en la terapia contra el cáncer: Metallopharmaceuticals in cancer therapy». *TECNOCENCIA Chihuahua*. <https://doi.org/10.54167/tch.v16i3.1010>.
- México minero (2017). Minerales metálicos utilizados en medicamentos - México Minero. Recuperado en 30 de mayo de 2024, de: <https://mexicominero.org/minerales-metalicos-utilizados-en-medicamentos/>.
- Pérez Gómez D. (2015) Tesis: "Estudio comparativo de la capacidad antioxidante, el efecto anti-inflamatorio, gastrotoxicidad y la selectividad COX-1/COX-2 in silico, de silil-alquil ésteres y amidas derivados del ibuprofeno", Doctorado en Ciencias Químicas. Universidad de Colima.

La importancia de la farmacovigilancia con enfoque en las enfermedades crónico degenerativas más comunes en México

Stephania Georgette Quiroz Calvario
Ma. de Lourdes Ricardo García

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Colima, Colima, México

El rol del farmacéutico abarca una amplia gama de responsabilidades, ya que no sólo se limita a la dispensación y organización de medicamentos e insumos para la salud, también abarca su diseño y fabricación, así como proporcionar información crucial con el objetivo de educar al paciente sobre su tratamiento farmacológico, asegurando un uso seguro y efectivo de los medicamentos. Además, el farmacéutico brinda un seguimiento meticuloso del tratamiento, vigilando cualquier posible reacción o incidente adverso y tomando medidas preventivas para evitar este tipo de problemáticas (Oñatibia-Astibia *et al.*, 2021).

Siguiendo este contexto, se realizan ensayos clínicos a medicamentos para el conoci-

miento médico y el cuidado de los pacientes, permitiendo determinar su farmacocinética, farmacodinamia, eficacia, seguridad y los posibles efectos adversos. Estos ensayos se desarrollan en cuatro fases (figura 1), las tres primeras involucran un número limitado de pacientes seleccionados cuidadosamente que, aun así, no garantizan la seguridad de todos los humanos. Esto limita la detección de las reacciones adversas infrecuentes, la toxicidad crónica y el uso en grupos especiales como niños, ancianos o mujeres embarazadas. Por esto, la información precomercialización reunida de un medicamento no es suficiente para conocer todas las posibles reacciones adversas (Julia *et al.*, 2016).

Para superar estas limitaciones, en la cuarta fase, existe una disciplina de salud pública enfocada en analizar y gestionar los riesgos de los medicamentos después de su comercialización, conocida como farmacovigilancia. Esta disciplina se encarga de la detección, evaluación, comprensión y prevención de los posibles riesgos y problemas de seguridad relacionados con el uso de los medicamentos y vacunas (COFEPRIS, 2017).

En México existen centros especializados en farmacovigilancia que son elementos fundamentales para proporcionar datos clínicos sobre la seguridad de los medicamentos. En la práctica clínica de estas instituciones, la farmacovigilancia permite implementar acciones regulatorias en áreas como la prescripción, dispensación, recomendación de uso y restricciones, contribu-

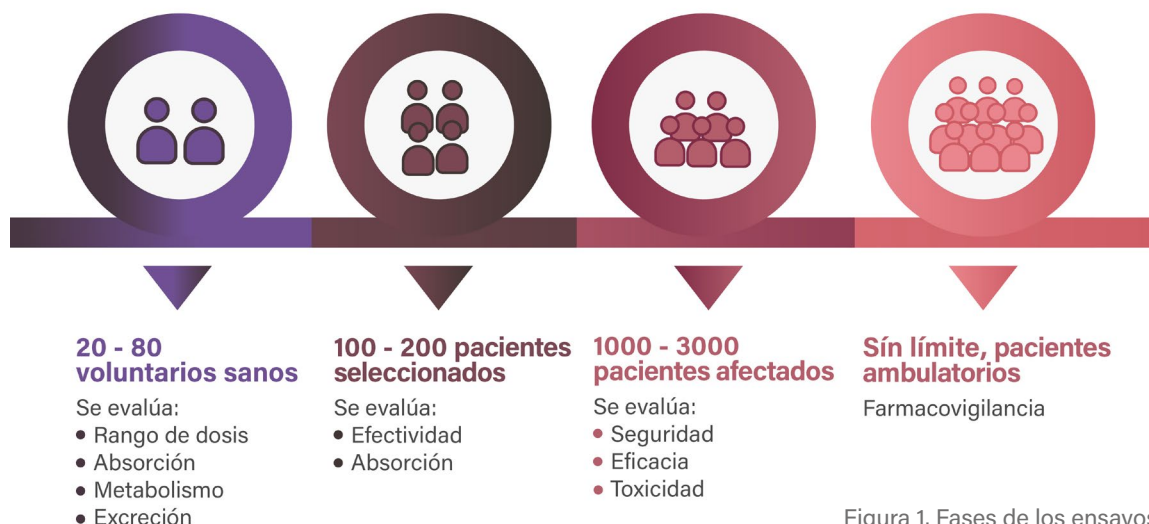
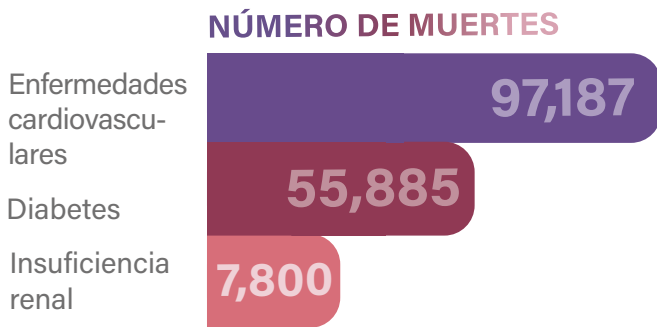


Figura 1. Fases de los ensayos clínicos

yendo así al uso racional de los medicamentos (COFEPRIS, 2017).

Esta labor adquiere más relevancia considerando a los pacientes que padecen enfermedades crónicas degenerativas frecuentes en nuestro país, que normalmente se encuentran medicados por múltiples afecciones. Es importante mencionar que, durante el periodo de enero a junio de 2023, las enfermedades cardiovasculares se identificaron como la principal causa de muerte a nivel nacional en México (gráfica 1), según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2023). Sin embargo, no debemos pasar por alto otras enfermedades crónicas como la enfermedad renal crónica, la diabetes mellitus tipo 2 y la obesidad.

14



Gráfica 1. Número de muertes por enfermedad en el periodo de enero a junio de 2023, estas enfermedades se encuentran dentro de las 10 primeras causas de muerte en México (INEGI, 2023).

Estas enfermedades deterioran la salud de forma gradual y creciente, por lo que no deben considerarse de manera aislada, especialmente en el trío de diabetes mellitus, hipertensión arterial sistémica y obesidad, que suelen coexistir en un mismo paciente. De este modo, su tratamiento requiere de una interacción multidisciplinaria e interdisciplinaria. Esto implica que el área médica, encargada de la atención directa, debe colaborar con el área farmacéutica para tener un uso racional de los recursos disponibles para la misma y garantizar la seguridad del paciente. Es así como se destaca la importancia del farmacéutico desempeñando esta labor dentro del ámbito hospitalario (DCSBA, 2020).

A continuación, se hace mención de las interacciones medicamentosas más comunes en los tratamientos para estas enfermedades:

Obesidad

Los medicamentos utilizados para tratar la obesidad, entre estos los inhibidores del apetito, como la fentermina, pueden interactuar con otros fármacos que afectan el sistema nervioso central, como antidepresivos y antipsicóticos, aumentando el riesgo de efectos secundarios como nerviosismo, insomnio o aumento de la presión arterial. Por otro lado, medicamentos que afectan la absorción de grasas, como orlistat, al bloquear la absorción de grasas en el intestino, pueden disminuir la absorción y eficacia de otros medicamentos liposolubles, como algunos anticonceptivos o vitaminas liposolubles (A, D, E, K). Además, medicamentos que aumentan la sensación de saciedad, como liraglutida, pueden interactuar con medicamentos para la diabetes o la hipertensión, incrementando el riesgo de efectos secundarios gastrointestinales como náuseas, vómitos o diarrea (Caixas, 2000).

Hipertensión

Los medicamentos para tratar la hipertensión incluyen inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (IECA), bloqueadores de los receptores de angiotensina II (BRA), bloqueadores de los canales de calcio, diuréticos, betabloqueantes y otros. Las interacciones medicamentosas pueden ocurrir cuando estos medicamentos se combinan con otros fármacos que afectan la presión arterial o la función renal, como los antiinflamatorios no esteroideos (AINE), los inhibidores de la ciclooxigenasa-2 (COX-2), los corticosteroides y los medicamentos que afectan el equilibrio de electrolitos (Abellán-Alemán *et al.*, 2002).

Diabetes tipo 2

Los medicamentos comunes para tratar la diabetes tipo 2 incluyen metformina, sulfonilureas, meglitinidas, inhibidores de la dipeptidil peptidasa-4 (DPP-4), agonistas del receptor de GLP-1, inhibidores del cotransportador de sodio-glucosa 2 (SGLT2) e insulina. Las interacciones medicamentosas pueden ocurrir

cuando se combinan estos medicamentos con otros que afectan los niveles de glucosa en sangre, como los corticosteroides, los diuréticos tiazídicos, los betabloqueantes y algunos antidepresivos (Zuñiga *et al.*, 2020).

Disfunción renal

En pacientes con disfunción renal, es de suma importancia la vigilancia cuando se prescriben medicamentos que se excretan principalmente por los riñones, ya que pueden acumularse y causar toxicidad. Esto incluye muchos de los medicamentos utilizados para tratar la diabetes y la hipertensión. Además, algunos medicamentos pueden empeorar la función renal y deben ser evitados o ajustados en dosis en pacientes con disfunción renal.

Es fundamental que tanto las instituciones de salud como los consumidores comprendan la necesidad de contar con unidades de farmacovigilancia. Estas unidades aseguran que cada individuo reciba el medicamento adecuado, en el momento apropiado y con la dosis correcta. Además, la farmacovigilancia ayuda a prevenir, identificar y resolver problemas relacionados con los medicamentos, mejorando la efectividad de los tratamientos y garantizando la seguridad y el bienestar de los pacientes. En este contexto, el farmacéutico adquiere importancia, ya que es el profesional indicado para dirigir una unidad de farmacovigilancia, pues su conocimiento especializado le permite monitorear y notificar las reacciones adversas, cumpliendo así con los objetivos de la farmacovigilancia.

Referencias

Abellán-Alemán, J., Martínez-Pastor, A., Sánchez-Gómez, M. J., & Arenas-Alcaraz, J. F. (2002). Antihipertensivos. Interés de sus interacciones con otros fármacos en atención primaria. *Medicina Integral*. <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-antihipertensivos-interes-sus-interacciones-con-13031699>

- Caixas, A. (2000). Tratamiento farmacológico de la obesidad. *Endocrinología y Nutrición*. <https://www.elsevier.es/es-revista-endocrinologia-nutricion-12-articulo-tratamiento-farmacologico-obesidad-9266>
- COFEPRIS, (2017). Farmacovigilancia en México. gob. mx. <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/farmacovigilancia-73541>
- DCSBA. (2020). Enfermedades crónicas degenerativas. UnADM. https://dmd.unadmexico.mx/contenidos/DCSBA/BLOQUE2/GSS/04/HENC/unidad_01/descargables/HENC_U1_Contenido.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. (2023). Sala de prensa. <https://www.inegi.org.mx/app/saladeprensa/noticia.html?id=8771#:~:text=Durante%20el%20periodo%20enero%2Djunio,malignos%2C%20con%2045%20409%20casos.>
- Julia, G. M. A., Kenia, G. R., Mayasil, M. P., & Pablo, L. C. (2016). Farmacovigilancia hospitalaria. *Cubana de Oftalmología*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762016000400010
- Oñatibia-Astibia, A., Aizpurua-Arruti, X., Malet-Larrea, A., Gastelurrutia, M. Á., & Goyenechea, E. (2021). El papel del farmacéutico comunitario en la detección y disminución de los errores de medicación: revisión sistemática exploratoria. *DOAJ (DOAJ: Directory Of Open Access Journals)*. <https://doi.org/10.30827/ars.v62i1.15901>
- Villegas, J. B., & Pais, M. S. (2006). Importancia de la farmacovigilancia en la práctica del médico de familia. *SEMERGEN. Sociedad Española de Medicina Rural y Generalista*, 32(7), 334-338. [https://doi.org/10.1016/s1138-3593\(06\)73285-3](https://doi.org/10.1016/s1138-3593(06)73285-3)
- Zúñiga, A., Franco, V. V., Bucaram, J., González, J., & Cáceres, L. (2020). Oral antidiabetic drugs and their interaction with disease-modifying drugs. *Revista Virtual de la Sociedad Paraguaya de Medicina Interna*, 7(1), 107-111. <https://doi.org/10.18004/rvspmi/2312-3893/2020.07.01.107-111>

Sistemas matriciales inertes para el tratamiento del síndrome de colon irritable (SCI)

Javier Ulises Mercado Espino

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Colima

El síndrome del colon irritable (SCI) es un padecimiento crónico de carácter funcional que se caracteriza por la inflamación recurrente de los intestinos. Las causas de enfermedad son ambiguas, pero se atribuye típicamente a predisposiciones genéticas aunadas a diversas experiencias a edades tempranas por parte de los afectados.

El tratamiento del SCI generalmente se basa en administraciones parenterales de fármacos antimuscarínicos que tienen como objetivo reducir la extensión y severidad de los síntomas, los cuales son descritos como dolor o malestar abdominal inexplicable y diarrea o estreñimiento (Yasmin *et al.*, 2022).

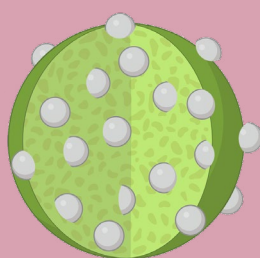
Algunos de los efectos adversos que se han reportado por la medicación antimuscarínica empleada para tratar el SCI son hipotensión, sequedad de boca, dispepsia, náuseas y constipación, además de algunos efectos sobre el

sistema nervioso central (SNC) que incluyen somnolencia, fatiga y mareos. Otros efectos adversos que ocurren de forma ocasional son problemas menstruales, mastodinia, retención de orina y ligera sordera (*Trimebutina* | Asociación Española de Pediatría, 2021).

¿Qué es un sistema matricial?

Los sistemas matriciales son sistemas en los que el API (ingrediente farmacéutico activo, por sus siglas en inglés) se encuentra repartido de manera uniforme en una matriz, generalmente de un material polimérico, que tiene la función de proteger al API del medio externo y dificultar la difusión de éste hacia el exterior de la matriz. Las matrices se clasifican en tres grupos diferentes según sus características: 1) matrices inertes, plásticas o insolubles; 2) matrices hidrofílicas y 3) matrices lipídicas (Colegio de Farmacéuticos de la Provincia de Buenos Aires *et al.*, 2004; Suñe, 2000).

Las matrices inertes también denominadas plásticas o insolubles, forman una capa sólida porosa alrededor del API. Están hechas de materiales no tóxicos que no se digieren ni se solubilizan en el tracto gastro intestinal (GI). Liberan al fármaco de manera constante, mediante difusión a través de los poros de la matriz (figura 1) durante el paso de ésta por el tracto GI y son eliminadas de forma intacta junto con las heces (Colegio de Farmacéuticos de la Provincia de Buenos Aires *et al.*, 2004; Suñe, 2000).



Matriz cargada con el API

Liberación del API

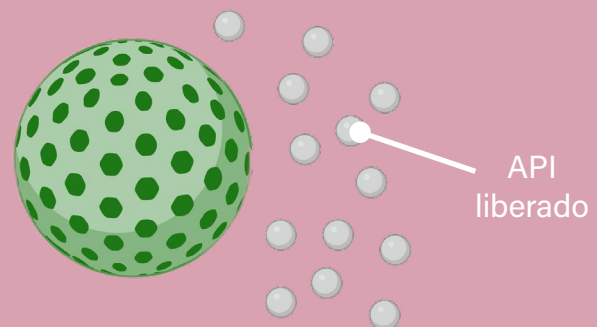


Figura 1. Representación gráfica del proceso de liberación de un API desde una matriz inerte.

¿Cómo puede un sistema matricial mejorar el tratamiento del SCI?

En términos de liberación del API, la principal ventaja es que las matrices inertes permiten una liberación retardada y constante de fármacos, generando la posibilidad de mantener las concentraciones del fármaco dentro de una concentración efectiva y no tóxica, por periodos de tiempo más grandes en comparación con los medicamentos convencionales. Esta misma cualidad reduce el riesgo de presentar intoxicaciones y efectos secundarios en tejidos ajenos a la zona de interés terapéutico, a la par que permite administraciones menos frecuentes, lo que mejora el cumplimiento de la administración por parte de los pacientes.

Referencias

- Colegio de Farmacéuticos de la Provincia de Buenos Aires, E., Arancibia, A., & Aiache, J. M. (2004). Acta farmacéutica bonaerense. In *Acta farmacéutica bonaerense* (Vol. 23, Issue 2). <https://biblat.unam.mx/es/revista/acta-farmaceutica-bonaerense/articulo/sistemas-matriciales>
- Suñe, J. M. (2000). Nuevas aportaciones galénicas a las formas de administración. *Ferrer Grupo*, 41–47.
- Trimebutina* | *Asociación Española de Pediatría*. (2021, February 28). <https://www.aeped.es/comite-medicamentos/pediamecum/trimebutina>
- Yasmin, F., Najeeb, H., Shaikh, S., Hasanain, M., Naeem, U., Moeed, A., Koritala, T., Hasan, S., & Surani, S. (2022). Novel drug delivery systems for inflammatory bowel disease. *World Journal of Gastroenterology*, 28(18), 1922–1933. <https://doi.org/10.3748/wjg.v28.i18.1922>

Reposicionamiento de medicamentos como estrategia contra el cáncer

Juan Manuel Sandoval Valverde
 Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Colima, Colima, México

Tania Ferrer Villada
 CUIB, Universidad de Colima, Colima, México

18

El cáncer es una de las principales causas de muerte a nivel global y cada día aumenta su incidencia, afectando la salud de las personas (Mima *et al.*, 2023). Los factores responsables de la alta incidencia del cáncer pueden ser mutaciones genéticas, factores ambientales, el estilo de vida, comportamientos relacionados con una mala dieta, fumar, el consumo de alcohol, entre otros (Ajmeera & Ajumeera, 2024).

En la actualidad, los métodos para combatir los diferentes tipos de cáncer incluyen la quimioterapia, radioterapia y extirpación de tumores o la combinación de todo lo anterior, sin embargo, estos tratamientos llegan a causar efectos secundarios nada placenteros en los pacientes (Debela *et al.*, 2021). La radioterapia y quimioterapia son dos de los tratamientos más usados, sin embargo, no todas las personas tienen acceso a éstos, o tienen que esperar a que las instituciones públicas se los proporcionen e incluso, en aquéllos que sí tienen acceso, pueden o no funcionar. Por lo anterior, se investigan nuevas estrategias que sean más accesibles y eficaces para combatir el cáncer (Poonpanichakul *et al.*, 2021).

Las estrategias de reposicionamiento de medicamentos engloban la búsqueda de nuevas aplicaciones terapéuticas de fármacos que ya han sido probados para otro tipo de enfermedades, de quienes se conoce su efecto y seguridad, y ahora serán utilizados para tratar los diferentes tipos de cáncer. Para re-

posicionar un medicamento contra el cáncer, primero se debe saber la diana (ruta metabólica alterada, proteínas dañadas, o ADN dañado) que provoca la enfermedad, y después buscar un medicamento ya reportado que tenga un efecto sobre esta diana de interés (Pillaiyar *et al.*, 2020). A partir de esto, se realizan experimentos en modelos *in vivo* e *in vitro* y cuando se encuentren resultados favorables, se pasa a los estudios clínicos (figura 1).

Los resultados que se buscan con estos medicamentos es que, por ejemplo, actúen reduciendo la proliferación celular, como es el caso de la salidroside, el cual es un ansiolítico, sin embargo, se encontró que inhibe la proliferación de las células de carcinoma y de las líneas celulares PC3 y DU145 de cáncer de próstata. Por otro lado, se encuentra la triptolida, que es utilizada por sus propiedades antirreumáticas y antiinflamatorias, pero se en-

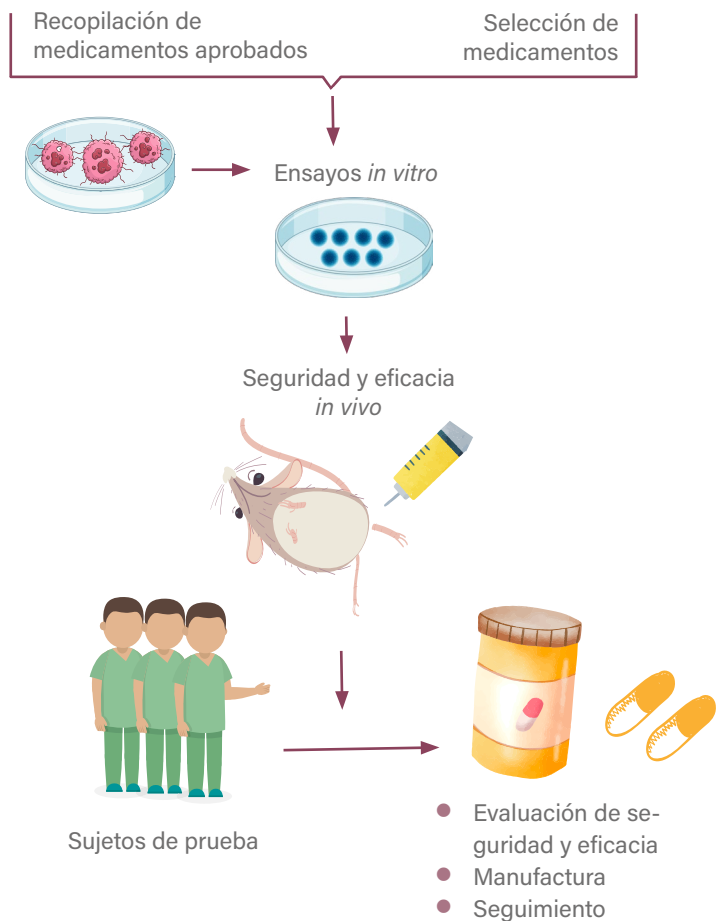


Figura 1. Esquema de los estudios preclínicos y clínicos del reposicionamiento de medicamentos (modificado de Xia *et al.*, 2024).

contró que produce la muerte celular en células cancerosas (Cai *et al.*, 2021).

Otras estrategias se han enfocado en la búsqueda de medicamentos que afecten diferentes propiedades de las células cancerígenas. Entre éstas, podemos citar medicamentos que: regulen el metabolismo de las células cancerosas, como es el caso de la leflunomida y el disulfiram; activen la inmunidad antitumoral, como el ácido oleanólico; reactiven a los supresores de crecimiento (como el gen P53), siendo a las estatinas a quienes se les ha encontrado este efecto; y ayuden a interferir con la replicación celular, como el 3-galato de epigallocatequina (Xia *et al.*, 2024).

Teóricamente, el reposicionamiento de estos medicamentos tiene varias ventajas (figura 2) ya que puede contrarrestar, en parte, la poca aprobación de nuevos medicamentos, porque el tiempo requerido para que éstos salgan al mercado varía entre los 10 a 15 años, así como la variable efectividad de los medicamentos usados como quimioterapias. Sin embargo, no es un hecho que los medicamentos reposicionados serán trasladados como terapias clínicas en todos los casos. Aunque, para los pacientes con cáncer avanzado o resistencia a la quimioterapia, que carecen de opciones de tratamientos alternativos, la terapia combinada de medicamentos reposicionados es considerada una alternativa prometedora (Zhang *et al.*, 2020).

Referencias

Ajmeera, D., & Ajmeera, R. (2024). Drug repurposing: A novel strategy to target cancer stem cells and therapeutic resistance. *Genes & Diseases*, 11(1), 148-175.

Cai, J., Yi, M., Tan, Y., Li, X., Li, G., Zeng, Z., Xiong, W., & Xiang, B. (2021). Natural product triptolide induces GSDME-mediated pyroptosis in head and neck cancer through suppressing mitochondrial hexokinase-II. *Journal of Experimental & Clinical Cancer Research: CR*, 40(1), 190. <https://doi.org/10.1186/s13046-021-01995-7>

Debela, D. T., Muzazu, S. G., Heraro, K. D., Ndalama, M. T., Mesele, B. W., Haile, D. C., Kitui, S. K., & Manyazewal, T. (2021). New approaches and procedures for cancer treatment: Current perspectives. *SAGE Open Medicine*, 9, <https://doi.org/10.1177/20503121211034366>

Mima, K., Hamada, T., Inamura, K., Baba, H., Ugai, T., & Ogino, S. (2023). The microbiome and rise of early-onset cancers: Knowledge gaps and research opportunities. *Gut Microbes*, 15(2). <https://doi.org/10.1080/19490976.2023.2269623>

Pillaiyar, T., Meenakshisundaram, S., Manickam, M., & Sankaranarayanan, M. (2020). A medicinal chemistry perspective of drug repositioning: Recent advances and challenges in drug discovery. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 195, 112275. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2020.112275>

Poonpanichakul, T., Shiao, M.-S., Jiravejchakul, N., Matangkasombut, P., Sirachainan, E., Charoensawan, V., & Jinawath, N. (2021). Capturing tumour heterogeneity in pre- and post-chemotherapy colorectal cancer ascites-derived cells using single-cell RNA-sequencing. *Bioscience Reports*, 41(12). <https://doi.org/10.1042/BSR20212093>

Weth, F. R., Hoggarth, G. B., Weth, A. F., Paterson, E., White, M. P. J., Tan, S. T., Peng, L., & Gray, C. (2024). Unlocking hidden potential: Advancements, approaches, and obstacles in repurposing drugs for cancer therapy. *British Journal of Cancer*, 130(5), 703-715. <https://doi.org/10.1038/s41416-023-02502-9>

Xia, Y., Sun, M., Huang, H., & Jin, W.-L. (2024). Drug repurposing for cancer therapy. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 9(1), 1-33. <https://doi.org/10.1038/s41392-024-01808-1>

Zhang, Z., Zhou, L., Xie, N., Nice, E. C., Zhang, T., Cui, Y., & Huang, C. (2020). Overcoming cancer therapeutic bottleneck by drug repurposing. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 5(1), 1-25. <https://doi.org/10.1038/s41392-020-00213-8>

Figura 2

Ventajas del reposicionamiento de fármacos en tratamientos oncológicos



Fuente: modificado de Weth *et al.* (2024).

Bi-geles, una nueva alternativa cosmética

Grecia Torres Barajas

Gloria Lizeth Valdez Benavides

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Colima, Colima, México

20

Los bi-geles son formulaciones semisólidas con propiedades mejoradas para distintas aplicaciones como sistemas farmacéuticos y cosmética (Lupi *et al.*, 2016).

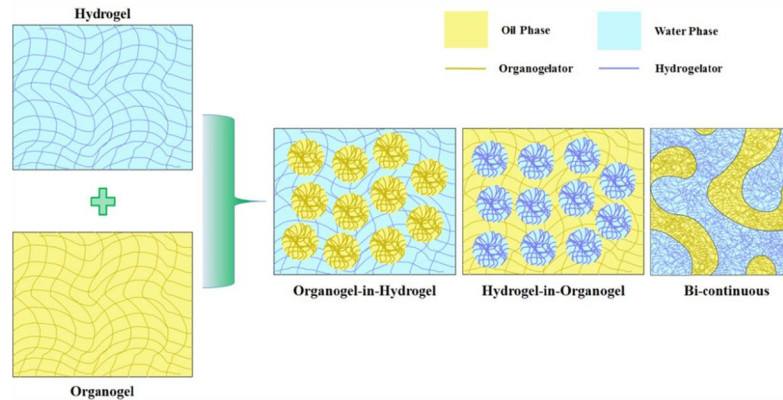
El bi-gel consta de dos fases, a menudo denominadas fase A (acuosa/hidrogel), que posee una fase continua líquida polar comúnmente agua, y fase B (oleosa/organogel), que posee una fase continua líquida apolar como aceites o disolventes orgánicos (Martín-Illana *et al.*, 2022).

La combinación de ambas fases en un sistema coloidal puede tener ventajas debido al efecto sinérgico entre el organogel y el hidrogel, dependiendo de la aplicación (Martínez *et al.*, 2021).

Método de preparación

La fase acuosa y la fase oleosa se preparan por separado, mezclando los componentes a una velocidad y temperatura definidas (Singh *et al.*, 2018). Los hidrogeles son sistemas de dispersión acuosa, formados mezclando la cantidad necesaria de agente gelificante hidrófilo en agua. Los parámetros del proceso (por ejemplo, velocidad y temperatura) se optimizan en función del comportamiento de gelificación del sistema (Singh *et al.*, 2018).

El oleogel se prepara disolviendo la cantidad pesada con precisión de organogelador en una fase oleosa predefinida en una condición de homogeneización definida y una temperatura superior al punto de fusión del orga-



Representación esquemática de diferentes bi-geles obtenidos variando la relación organogel/hidrogel (Shakeel *et al.*, 2021).

nogelador. La formación de gel se produce cuando la temperatura desciende a temperatura ambiente. La fase oleosa puede ser un disolvente orgánico o aceites vegetales (Singh *et al.*, 2018).

Ventajas del uso de bi-geles

Existen diversas ventajas de los bi-geles, como lo es una mejor estabilidad y vida útil entre las dos fases (Rajeswari *et al.*, 2021), además de que posee una buena untabilidad y facilidad de eliminarse después de su aplicación tópica, debido a que se puede enjuagar fácilmente con agua (Martín-Illana *et al.*, 2022).

Otra ventaja importante es el hecho de que los bi-geles no necesariamente deben de contener un tensoactivo en su formulación, debido a que presentan una mayor estabilidad en comparación con las formas anteriores, logrando la gelificación tanto de la fase acuosa como de la fase oleosa (Martín-Illana *et al.*, 2022).

Beneficios en la industria cosmética

Estos bi-geles fueron diseñados como una solución para problemas mecánicos y de estabilidad en geles/emulgeles en emulsión (Martínez *et al.*, 2021). Representan una innovación a la formulación convencional de un

gel, estos sistemas vienen a revolucionar la industria cosmética con una fórmula un poco diferente a la de los geles convencionales.

Esta nueva formulación surge debido a que se busca una mayor hidratación en la piel, y el bi-gel en su estructura tridimensional posee alto contenido de agua que permite la hidratación adecuada del estrato córneo proporcionado por el hidrogel presente en este sistema, y una mejor penetración proporcionada por el organogel, además de buena capacidad de extensión, propiedades emolientes y lavabilidad con agua al aplicarse sobre la piel (Rajeswari *et al.*, 2021).

En conclusión, el uso de bi-geles como una nueva alternativa viene a mejorar significativamente a la industria cosmética, esto gracias a todas las propiedades multifuncionales, su capacidad para mejorar la eficacia de los productos que contienen, así como proporcionar texturas más agradables y sensorialmente más atractivas al consumidor, lo que convierte a este sistema en un posible éxito no muy lejano.

Referencias

- Lupi, F. R., Shakeel, A., Greco, V., Rossi, C. O., & Gabriele, D. (2016). A rheological and microstructural characterisation of bigels for cosmetic and pharmaceutical uses. *Materials Science and Engineering: C*, 69, 358-365. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2016.06.098>
- Martinez, R. M., Magalhães, W. V., Sufi, B. da S., Padovani, G., Nazato, L. I. S., Velasco, M. V. R., Baby, A. R. (2021). Vitamin E-loaded bigels and emulsions: Physicochemical characterization and potential biological application. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 201, 111651. doi:10.1016/j.colsurfb.2021.11165
- Martín-Illana, A., Notario-Pérez, F., Cazorla-Luna, R., Ruíz-Caro, R., Bonferoni, M. C., Tamayo, A., & Veiga, M. (2022). Bigels as drug delivery systems: from their components to their applications. *Drug Discovery Today*, 27(4), 1008-1026. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2021.12.011>
- Rajeswari, S., Pullabhatla, R., & Satyavathi, C. Y. (2021). Bi-Gels: A Novel Material for Transdermal

- Drug Delivery. *Innovare Journal of Science*, 1-5. <https://doi.org/10.22159/ijs.2021.v9i2.40674>
- Shakeel, A., Farooq, U., Gabriele, D., Marangoni, A. G., & Lupi, F. R. (2021b). Bigels and multi-component organogels: An overview from rheological perspective. *Food Hydrocolloids*, 111, 106190. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106190>
- Singh, V. K., Qureshi, D., Nayak, S. K., & Pal, K. (2018). Bigels. En *Elsevier eBooks* (pp. 265-282). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102179-8.00010-7>

El cáncer de piel

Dianely Verján Andrade

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Colima, Colima, México

22

En los años 70 se descubrió que la luz solar era la principal causante del cáncer de piel. Actualmente, sabemos que el Sol emite tres tipos de radiación ultravioleta (UV):

- La UVA tiene una longitud de onda más larga entre 320 y 400 nm, puede penetrar la piel más profundamente y generar especies reactivas de oxígeno a través de procesos de fotosensibilización (Díaz de Villegas *et al.*, 2007).
- La UVB tiene un espectro de 290 a 320 nm de longitud de onda, siendo suficiente para causar daños en el ADN, provocando alteraciones genéticas que culminarán con la aparición de neoplasias (Díaz de Villegas *et al.*, 2007).
- La UVC, que posee las longitudes de onda más cortas (100 a 280 nm), normalmente es absorbida por la capa de ozono y la atmósfera de la Tierra antes de que llegue a su superficie (UNAM Global, 2018).

Aunque la luz solar es fundamental para nuestra salud, una exposición excesiva a los rayos ultravioleta (UV) puede tener serias consecuencias, como el riesgo de desarrollar cáncer de piel. Este tipo de cáncer surge del crecimiento anormal y descontrolado de células cutáneas alteradas por la radiación UV, proveniente del sol o de camas bronceadoras (UNAM Global, 2018).

El cáncer de piel es una enfermedad maligna que se desarrolla debido a cambios en el ADN de las células de la piel. Estas alteraciones genéticas desencadenan un crecimiento celular descontrolado, dando lugar a la formación de tumores.

Uno de los indicios son las llamaradas solares, las cuales son una exposición repenti-

na e intensa de energía que ocurre en la superficie del Sol. Son causadas por la liberación repentina de energía magnética, que puede calentar el plasma solar a millones de grados y acelerar partículas cargadas a casi la velocidad de la luz. Si bien estas llamaradas solares no causan directamente cáncer de piel, pueden tener un efecto indirecto al aumentar la cantidad de radiación ultravioleta (UV) que llega a la Tierra (*Llamaradas solares, el peligro que podría golpear la Tierra*, 2022).

La piel, nuestro órgano más extenso, es particularmente vulnerable a los efectos nocivos de la radiación solar. Los principales factores de riesgo para desarrollar cáncer de piel incluyen tener piel clara, haber sufrido quemaduras solares, vivir cerca del ecuador o en zonas de mayor altitud, tener numerosos lunares y lunares atípicos, antecedentes familiares de cáncer de piel y la edad avanzada (Gallagher *et al.*, 1995).

Existen distintos tipos de cáncer de piel:

- Carcinoma basocelular (CBC): el tipo más común de cáncer de piel se origina en la capa basal de la epidermis y sus apéndices, y se caracteriza por un crecimiento lento, invasivo y destructivo. Sus principales manifestaciones son:
 - Nodular: principalmente en cara con un aspecto rosa, incidencia de un 60%.

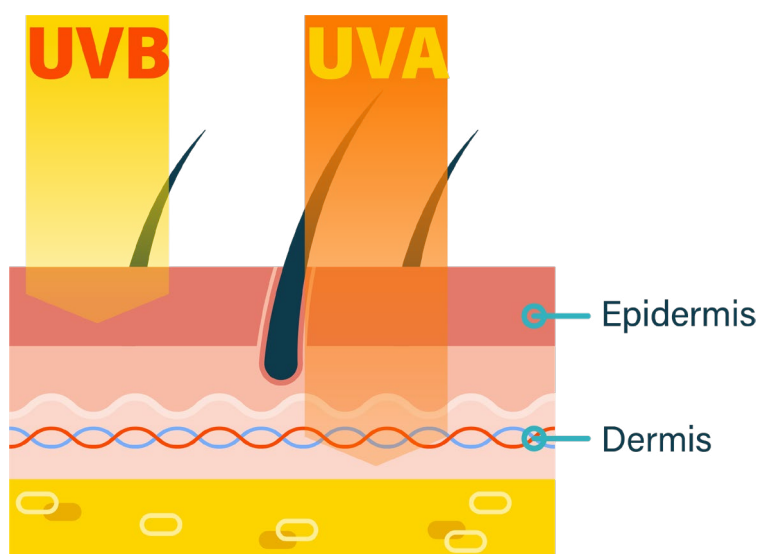


Fig. 1. Rayos UVA y UVB en la piel.

- Superficial: incidencia de un 30%, el sexo masculino es aquel que presenta con mayor frecuencia, principalmente en tronco con aspecto de manchas o neoformaciones planas rosadas con pigmento café o negro. Crecen lentamente.
- Morfeiforme o esclerosante: incidencia de 5 a 10%, se caracterizan por neoformaciones suaves, pálidas con aspecto firme o indurar (Marzuka y Book, 2015).
- Carcinoma epidermoide o espinocelular: el segundo tipo más común de cáncer de piel resulta de la transformación maligna de los queratinocitos de la epidermis debido a daños en el ADN. Este tipo de cáncer es más frecuente en hombres y suele aparecer a partir de los 50 años. Sus principales manifestaciones son:
 - Superficial o intraepidérmico: se limita a la epidermis, con un crecimiento lento y centrífugo.
 - Nodular queratósico: se manifiesta como una verruga con una base infiltrada y diversos grados de queratosis.
 - Úlceras: es la variante más común, apareciendo como una úlcera de superficie irregular sobre una base prominente e indurada que invade los tejidos circundantes, con una mayor tendencia a hacer metástasis.
 - Vegetantes: se presenta como una nueva formación saliente con una superficie irregular, pudiendo alcanzar hasta 10 cm de tamaño (Amado, 2008).
- Melanoma: el tipo más peligroso de cáncer de piel se origina en los melanocitos, que son las células responsables del pigmento y se encuentran en diversas partes del cuerpo. Sus principales manifestaciones son:
 - Melanoma de extensión superficial: representa 70% de los casos y crece en la superficie de la piel

durante un largo periodo antes de invadir capas más profundas. Las mujeres son más propensas a desarrollarlo en las extremidades inferiores, mientras que en los hombres es más común en el tronco.

- Melanoma nodular: Es más agresivo y tiene una incidencia del 10 al 15%.
- Léntigo maligno: también presenta una incidencia del 10 al 15%.
- Melanoma lentiginoso de mucosas: se desarrolla en el epitelio de las mucosas del tracto respiratorio, gastrointestinal y genitourinario, con una incidencia del 3%.

Los signos más frecuentes del melanoma quedan resumidos en el acrónimo ABCDE donde:

- A: asimetría
- B: bordes irregulares o mal definidos
- C: color heterogéneo
- D: diámetro mayor a 6 mm
- E: evolución, cambio con el tamaño, forma y color (Schadendorf *et al.*, 2015).

Es crucial visitar al dermatólogo regularmente para chequeos de la piel, especialmente si se tienen factores de riesgo para el cáncer de piel. Previniendo el cáncer de piel, reduciendo la exposición a la radiación UV del sol, las medidas preventivas incluyen:

- Limitar la exposición al sol, esencialmente en horas pico de insolación.
- Usar protector solar de amplio espectro con un factor de protección solar (FPS) de >30.
- Usar ropa protectora, como sombreros y camisas de manga larga, para cubrir la piel expuesta al sol.
- Realizar autoexámenes cutáneos mensuales para detectar cualquier cambio en la piel (Dubin y Kopf, 1983).

Se recomienda realizar un autoexamen de la piel al menos una vez al mes, especialmente después de una exposición prolongada al sol. Pasos pertinentes:

- Examina tu piel en un lugar bien iluminado. Puedes hacerlo frente a un espejo de cuerpo entero o utilizar un espejo de mano para revisar áreas que no puedas ver directamente.
- Examínate completamente, incluyendo el cuero cabelludo, la cara, las orejas, el cuello, el pecho, la espalda, los brazos, las piernas, las axilas, el área genital y las plantas de los pies.
- Busca cualquier cambio en la apariencia de tu piel. Presta atención a los siguientes signos: nuevas manchas o lunares, cambio de tamaño, forma o color de los lunares, lesiones que crecen, sangran o pican, úlceras que no cicatrizan. Si detectas alguna anomalía, consulta a un dermatólogo lo antes posible (Merino Moína, M. 2005).

Saúl, A. (2008). Lecciones de dermatología (15a ed., reimpr.). Méndez.

Schadendorf, D., Fisher, D. E., Garbe, C., Gershenwald, J. E., Grob, J.-J., Halpern, A., Herlyn, M., Marchetti, M. A., McArthur, G., Ribas, A., Roesch, A., & Hauschild, A. (2015). Melanoma. *Nature Reviews. Disease Primers*, 1, 15003. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2015.3>

Todos tenemos predisposición al cáncer de piel—UNAM Global. (2018, March 24). https://unamglobal.unam.mx/global_revista/todos-tenemos-predisposicion-al-cancer-de-piel/

24 Referencias

- Diaz De Villegas Alvarez, E., Castillo Menendez, M. D., Sabatés Martínez, M., Curbelo Alonso, M., & Ramos Viera, N. (2007). Radiación ultravioleta. fotoenvejecimiento cutáneo. *MediSur*, 3(1), Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/1800/180020172002.pdf>
- Dubin N, Kopf AW: Multivariate risk score for recurrence of cutaneous basal cell carcinomas. *Arch Dermatol* 119 (5): 373-7, 1983.
- Gallagher, R. P., Hill, G. B., Bajdik, C. D., Fincham, S., Coldman, A. J., McLean, D. I., & Threlfall, W. J. (1995). Sunlight exposure, pigmentary factors, and risk of nonmelanocytic skin cancer. I. Basal cell carcinoma. *Archives of Dermatology*, 131(2), 157-163.
- Llamaradas solares, el peligro que podría golpear la Tierra. (2022, November 21). [www.nationalgeographic.com.es](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/que-son-llamaradas-o-fulguraciones-solares_19110). https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/que-son-llamaradas-o-fulguraciones-solares_19110
- Marzuka, A. G., & Book, S. E. (2015). Basal cell carcinoma: Pathogenesis, epidemiology, clinical features, diagnosis, histopathology, and management. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 88(2), 167-179.
- Merino Moína, M., (2005). Prevención del cáncer de piel y consejo de protección solar. (26), 55-77.

Nanopartículas en medicamentos y tratamientos

Ramiro Karim Rivas Dávalos
Diego Nicolás Sánchez Meza

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Colima, Colima, México

Las nanopartículas (NP) son estructuras con dimensiones similares en tamaño a muchas moléculas biológicas y su utilización llevó al desarrollo de la nanomedicina, que es la rama de la nanotecnología que permite diagnosticar, tratar y prevenir enfermedades y traumatismos, aliviar el dolor, preservar y mejorar la salud humana, utilizando herramientas y conocimientos moleculares del cuerpo humano. Las nanopartículas también se denominan nanomateriales de "dimensión cero".

Las nanopartículas (NP) y los nanomateriales poseen distintas propiedades estructurales y biológicas, que pueden ser modificadas según los polímeros, las soluciones y los aditivos empleados en su fabricación. Sus composiciones les otorgan diversas características, como la protección del contenido, el aumento de su solubilidad, la absorción y la biodisponibilidad de las moléculas transportadas. Además, pueden ser ajustadas para dirigir la captación de las NP a un tipo específico de célula o tejido, mejorando su eficacia.

Por último, es relevante mencionar que tienen una gran capacidad para ser administradas de diversas formas, como vía oral, tópica, parenteral y mucosa, lo que les confiere una gran versatilidad.

Actualmente, las NP y los nanomateriales diseñados específicamente para la administración de medicamentos se clasifican en cinco grandes grupos: 1) NP basadas en lípidos, 2) NP compuestas por emulsiones, 3) NP

formadas por vesículas, 4) NP conformadas por estructuras diversas, y 5) nanofibras.

Nanopartículas basadas en lípidos

Micropartículas de lípidos sólidos (M-LS)

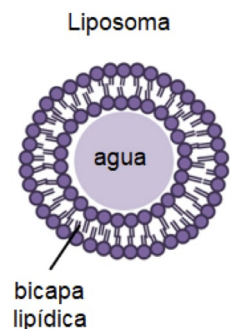
Las M-LS son partículas coloidales de 10-1000 nm con un núcleo lipídico sólido, capaces de solubilizar medicamentos lipofílicos y atravesar barreras anatómicas. Permiten incluir fármacos lipofílicos e hidrofílicos, ofreciendo alta biodisponibilidad y baja toxicidad en tratamientos antituberculosos.

Nanopartículas de lípidos sólidos y polímeros (N-LSP)

Contienen hasta un 2,5% de lípidos, como triglicéridos y ácidos grasos, así como óxido de etileno y propileno. Gracias a los lípidos fisiológicos, son altamente degradables, estables y pueden incorporar sustancias hidrofóbicas o hidrofílicas sin efectos tóxicos para las células.

Nanopartículas con lípidos nanoestructurados (N-LNE)

Estas NP son una alternativa a las matrices lipídicas sólidas (M-LS), compuestas en un 70% por lípidos sólidos y en un 30% por otros lípidos. Esta mezcla permite incorporar fármacos lipofílicos e hidrofílicos, administrables por vía oral, ocular, pulmonar e intravenosa.



Nanopartículas basadas en emulsiones

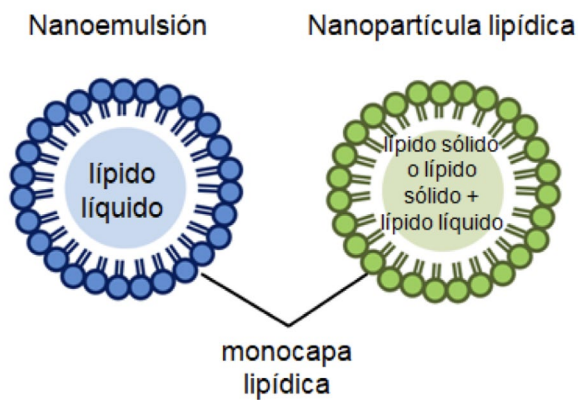
Nanopartículas de microemulsión (N-ME)

Conformadas por agentes acuosos, oleosos y emulsificantes, con un tamaño de 10-100 nm, las nanoemulsiones (N-ME) son estables termodinámicamente. Mejoran la absorción, permeabilidad y protección de los medicamentos transportados, siendo útiles para la administración de sustancias coloidales. Exis-

ten tres tipos: aceite en agua, bicontinuas y agua en aceite.

Nanopartículas de nanoemulsiones (N-NE)

Son partículas de 50 a 1000 nm con una estructura que combina aceite y agua. Las nanoemulsiones (N-NE) se preparan fácilmente y con bajo consumo de energía, lo que las hace valiosas en varios campos de la salud, incluyendo estudios para la administración de medicamentos contra la tuberculosis.



26

Nanopartículas constituidas en vesículas

Liposomas (LPS)

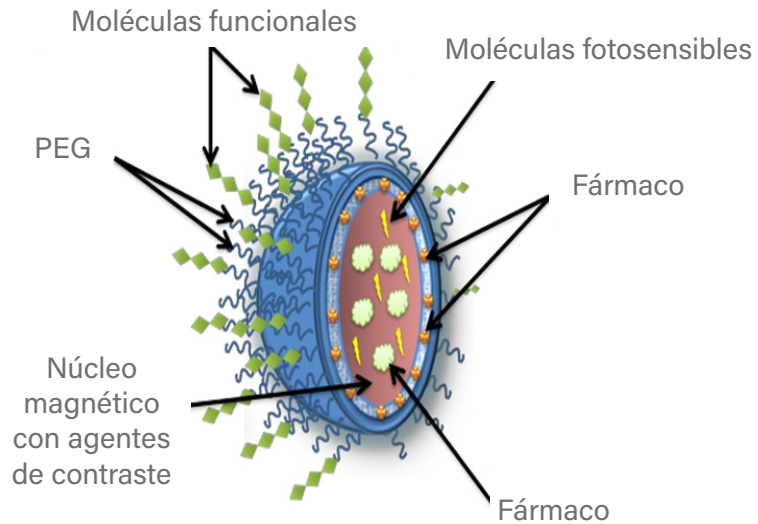
Son vesículas con solución acuosa en una membrana lipídica de 0,05 a 5,0 nm. Combinan fosfolípidos y esfingolípidos para biocompatibilidad y baja toxicidad. Pueden encapsular moléculas y ser internalizadas por células fagocíticas, útiles para administrar fármacos contra patógenos intracelulares.

Niosomas (NIO)

Estas vesículas tienen una membrana lipídica similar a los liposomas, pero usan materiales más económicos, estables y menos tóxicos. Mejoran el índice terapéutico del fármaco y pueden ser dirigidas a células y tejidos específicos mediante receptores.

Lipoesferas (LIP)

Son microesferas con un diámetro de 0,01 nm a 100 nm, compuestas principalmente por triglicéridos y, posiblemente, fosfolípidos. Transportan medicamentos hidrofóbicos y son adecuadas para la administración oral, intravenosa y por cremas. Se han evaluado para transportar principalmente la rifampicina.



Nanopartículas conformadas por estructuras misceláneas

Dendrimeros (N-DNs)

Son sistemas poliméricos de 2-10 nm, sintéticos y altamente ramificados, con grupos funcionales en su superficie que mejoran su interacción con células o tejidos. Tienen baja toxicidad y espacio para encapsular fármacos, controlando su difusión.

Nano/micro partículas (NMP)

Las nanopartículas poliméricas (NMP), generalmente hechas con PLGA y de 0,1 a 100 nm, pueden transformarse según los materiales utilizados. La conjugación con biomoléculas mejora su eficacia en la liberación de fármacos y su capacidad para dirigirse a células específicas, lo que permite varias rutas de administración.

Microesferas (N-Mcs)

Las nanopartículas multicapa (N-Mcs) son esféricas, de 1 a 1000 nm, hechas de uno o más polímeros. Pueden dispersar medicamentos a distintos niveles y se fabrican con materiales biodegradables. Se han usado para distribuir fármacos antituberculosos en tejidos, órganos y plasma.

Nanosuspensión (NSP)

Las nanopartículas sólidas (NP) se dispersan en un vehículo acuoso, con un tamaño entre 200 nm y 600 nm. Se utilizan para transportar medicamentos por vía oral, cremas, intravenosa, entre otras. En el tratamiento antituberculoso, se han estudiado para transportar clofazimina y ciprofloxacina.

Nanomicela (NMC)

Micelas de 10 nm a 200 nm con un núcleo que no acepta el agua y una superficie que sí acepta el agua. Son biocompatibles, estructuralmente estables y eficaces para transportar medicamentos tanto en su superficie como en su núcleo, destacándose en comparación con otras nanopartículas.

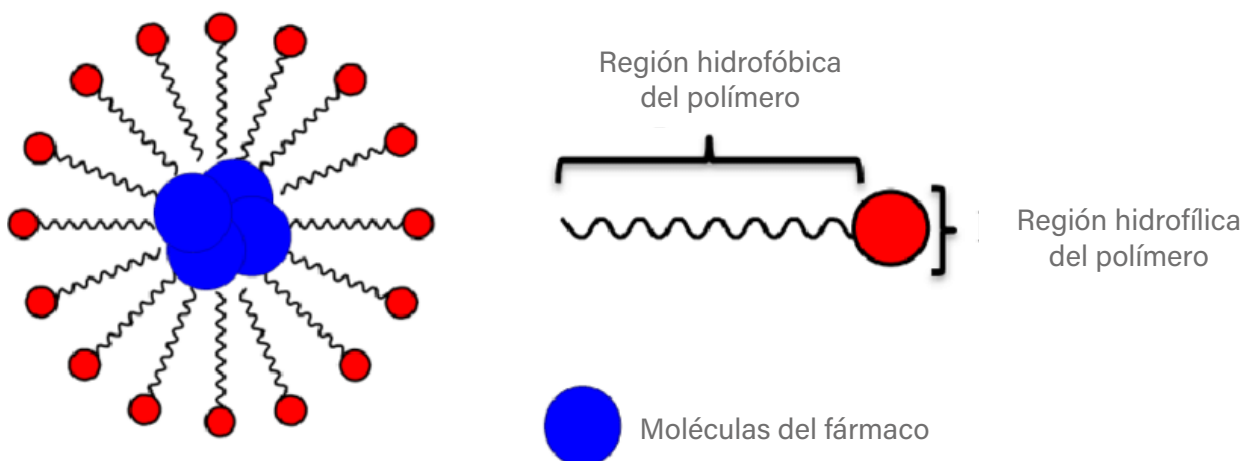
Nanofibras

Las nanofibras, con fibras ≤ 100 nm, se usan en apósitos de diversos tamaños. Ofrecen propiedades como gran superficie de contacto

para liberación de fármacos, funcionalización de superficie y porosidad ajustable. Tienen potencial en aplicaciones biomédicas, incluida la liberación de fármacos y diagnóstico de TB. Se producen principalmente por electrohilado. Se investiga su eficacia en la liberación de fármacos para TB, con resultados variables, y como biosensores para detección de *Mycobacterium tuberculosis*, con alta sensibilidad.

Referencias

- Gómez Garzón, M. (2019). Usos terapéuticos de nanomateriales y nanopartículas. *Revista Repertorio de Medicina y Cirugía*, 28(1). <https://doi.org/10.31260/RepertMedCir.v28.n1.2019.871>
- Luna-Herrera, J., Pérez-Martínez, D. E., Barradas-Hernández, V. M., & Zenteno-Cuevas, R. (2021). Nanopartículas como transportadores de fármacos: Una herramienta prometedora contra la tuberculosis. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 38(1), 143-152. <https://doi.org/10.17843/rpmpesp.2021.381.6156>
- Murthy, S. K. (2007). Nanoparticles in modern medicine: State of the art and future challenges. *International Journal of Nanomedicine*, 2(2), 129-141.



Bioremediadores: aprovechando las heces caninas para la producción de biofertilizantes y biogás

Abraham Hernández Rangel
Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca, México

Las heces caninas representan un desafío significativo en términos de contaminación urbana y riesgos para la salud pública. Las heces caninas facilitan la transmisión de enfermedades parasitarias, especialmente las causadas por nematodos (gusanos) intestinales del perro, como *Toxocara canis*, que en el humano produce los síndromes de larva migratoria visceral y ocular; además de *Ancylostoma caninum*, que produce el síndrome de larva migratoria cutánea (Martínez-Barbabosa *et al.*, 2008).

Una práctica común entre los dueños y cuidadores de los perros es la recolección de heces caninas en bolsas de plástico, lo cual da origen a focos de riesgos debido a que pueden llegar a explotar y esparcir patógenos en una mayor área o después de mucho tiempo (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

Un biodigestor ayudaría a mitigar este problema al procesar los desechos de manera segura y eficiente. El uso de un biodigestor disminuye los costos asociados con el manejo y disposición de desechos orgánicos. El fertilizante producido se puede comerciar para generar ingresos que se pueden usar en el mantenimiento de las instalaciones o la compra de alimento. La digestión anaeróbica de las heces caninas produce fertilizantes líquidos y sólidos, eliminando posibles patógenos que puedan

contener las heces, haciéndolo seguro para el uso doméstico o incluso agrícola, reduciendo así el uso de fertilizantes químicos que son más agresivos con el suelo. Al procesar adecuadamente las heces caninas, se reduce el riesgo de transmisión de enfermedades, contribuyendo a una comunidad más saludable.

Beneficios ambientales y económicos

La implementación de biodigestores para el tratamiento de heces caninas ofrece múltiples beneficios ambientales. Primero, ayuda a disminuir la cantidad de residuos que terminan en vertederos, reduciendo así la emisión de gases de efecto invernadero como el metano, que es un potente contribuyente al cambio climático (Clemens *et al.*, 2006). Segundo, la producción de biogás a partir de estos residuos proporciona una fuente de energía renovable que puede ser utilizada para cocinar, calefacción o incluso generación de electricidad, lo que disminuye la dependencia de combustibles fósiles (Amon *et al.*, 2007).

Desde un punto de vista económico, el uso de biodigestores puede ser rentable. La venta de biofertilizantes derivados del proceso anaeróbico no sólo genera ingresos adicionales, sino que también promueve prácticas agrícolas sostenibles. Además, los costos asociados con el manejo de residuos caninos se reducen significativamente, ya que los desechos son procesados in situ, eliminando la necesidad de transporte y disposición en vertederos (Holm-Nielsen *et al.*, 2009).

Impacto en la salud pública

El manejo inadecuado de las heces caninas no sólo afecta al medio ambiente, sino que también tiene graves implicaciones para la salud pública. La exposición a patógenos presentes en las heces puede causar diversas enfermedades, especialmente en niños y personas con sistemas inmunitarios comprometidos. La implementación de biodigestores puede reducir significativamente estos riesgos, al eliminar

patógenos durante el proceso de digestión anaeróbica (Mackie *et al.*, 1998).

Un estudio realizado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) demostró que los biodigestores son efectivos para reducir la carga de patógenos en heces caninas a niveles seguros para su uso como fertilizante (Martínez-Barbabosa *et al.*, 2008). Esto no sólo protege la salud humana, sino que también mejora la calidad del suelo y promueve la biodiversidad en áreas agrícolas y urbanas.

Estudios de caso y aplicaciones prácticas

En varios países, se han implementado con éxito proyectos piloto que utilizan biodigestores para el tratamiento de heces caninas. Por ejemplo, en el Reino Unido, la empresa Parkspark ha instalado biodigestores en parques públicos para procesar los desechos de perros y producir biogás, que se utiliza para iluminar los parques por la noche (Parkspark, 2021). Este tipo de iniciativas no sólo resuelve el problema de los residuos, sino que también educa a la comunidad sobre la importancia del reciclaje y la sostenibilidad.

En México, el Instituto Politécnico Nacional (IPN) ha desarrollado un programa similar en colaboración con varias municipalidades. Los resultados han sido prometedores, mostrando una reducción significativa en los residuos sólidos urbanos y un aumento en la producción de biofertilizantes de alta calidad (IPN, 2020). Estos proyectos demuestran que, con la tecnología adecuada y el compromiso comunitario, es posible transformar un problema de residuos en una oportunidad para la innovación y la sostenibilidad.

Desafíos y consideraciones futuras

A pesar de los numerosos beneficios, la implementación de biodigestores para el tratamiento de heces caninas no está exenta de desafíos. Uno de los principales obstáculos es la aceptación pública y la educación. Muchas personas aún no están familiarizadas con el concepto de

digestión anaeróbica y pueden ser reacias a participar en programas de reciclaje de heces caninas. Es crucial desarrollar campañas de sensibilización y educación para informar a la comunidad sobre los beneficios y la seguridad de esta tecnología (Kale & Mehele, 2016).

Otro desafío es el costo inicial de instalación de biodigestores, que puede ser significativo. Sin embargo, con el tiempo, estos costos pueden ser recuperados a través de la venta de biogás y biofertilizantes, así como por los ahorros en la gestión de residuos (Mata-Alvarez *et al.*, 2000). Además, es posible obtener subvenciones y apoyo financiero de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales interesadas en promover la sostenibilidad y la innovación tecnológica.

En conclusión, el uso de biodigestores para el tratamiento de heces caninas representa una solución viable y efectiva para abordar problemas ambientales y de salud pública. Al transformar los residuos en recursos valiosos como biogás y biofertilizantes, no sólo se reduce la contaminación y se mejora la salud pública, sino que también se promueve una economía circular y sostenible. Con el apoyo adecuado y la implementación de políticas efectivas, esta tecnología tiene el potencial de ser adoptada a gran escala, beneficiando tanto a las comunidades urbanas como rurales.

Referencias

- Amon, T., Amon, B., Kryvoruchko, V., Zollitsch, W., Mayer, K., & Gruber, L. (2007). Biogas production from maize and dairy cattle manure—Influence of biomass composition on the methane yield. *Agricultural, Ecosystems and Environment*, 118 (1-4), 173-182. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.05.007>
- Clemens, J., Trimborn, M., Weiland, P., & Amon, B. (2006). Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 112 (2-3), 171-177. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.08.016>

Holm-Nielsen, J. B., Al Seadi, T., & Oleskowicz-Popiel, P. (2009). The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresource Technology*, 100 (22), 5478-5484. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.046>

Instituto Politécnico Nacional (IPN). (2020). *Informe de resultados del programa de biodigestores urbanos en México*. Ciudad de México: IPN.

Kale, S. P., & Mehele, S. T. (2016). Kitchen waste-based biogas plant for power generation. *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 13 (1), 45-50.

Mackie, R. I., Stroot, P. G., & Varel, V. H. (1998). Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste. *Journal of Animal Science*, 76 (5), 1331-1342. <https://doi.org/10.2527/1998.7651331x>

Martínez-Barbabosa, I., Santos-Guzmán, J., & Flores-García, I. (2008). La parasitosis en animales domésticos y su impacto en la salud pública. *Revista de Parasitología*, 24 (3), 122-130.

Mata-Alvarez, J., Mace, S., & Llabres, P. (2000). Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. *Bioresource Technology*, 74 (1), 3-16. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00023-7)

Parkspark. (2021). Parkspark project: Turning dog waste into energy. Retrieved from <https://www.parksparkproject.org>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). *Informe sobre la gestión de residuos sólidos urbanos en México*. Ciudad de México: SEMARNAT.



Tipo de artículo

Informe de caso | Opinión | Carta al editor

El número máximo de palabras es 1,000 y puede incluir hasta 10 referencias.

Título

- Palabras: hasta 20
- Fuente: Calibri
- Tamaño: 15
- Alineación: centro

El título debe estar en negrita y en mayúsculas y minúsculas.

Autores

Enumere aquí los nombres de los autores:

- Nombre(s) Apellidos
- Facultad, Universidad

Estilo del manuscrito

Defina abreviaturas en la primera aparición. Se insta a los autores a ser breves, utilizar el mínimo número de tablas y figuras necesarias y evitar la repetición de información entre estos dos medios. Los manuscritos deben estar escritos en voz pasiva.

- Fuente: Calibri
- Tamaño 12

Los trabajos deberán ser entregados en formato .docx al correo daniel_montes@ucol.mx. Las fechas límites de entrega son las siguientes:

- Edición Ene-Jul: 15 de junio.
- Edición Ago-Dic: 15 de noviembre.

Sólo se aceptarán 10 manuscritos por edición.

Texto

- Archivo en formato digital.
- Procesado en Word (Windows).
- Formato de los textos: docx.

Ilustraciones

(Fotografías, dibujos, figuras, entre otras)

- Copia digital por separado, además de las insertadas en el cuerpo del texto.
- Numeradas en orden ascendente.
- Formato de las ilustraciones: tif o jpg.
- Resolución mínima: 300 pixeles por pulgada.

Otros gráficos

- Tablas y gráficos elaboradas en Excel/ Word (Windows) y numeradas en orden ascendente.
- Copia digital por separado, además de las insertadas en el cuerpo del texto.
- Fórmulas y ecuaciones elaboradas con el editor de ecuaciones y numeradas.

Bibliografía

- Utilizar el modelo APA en las referencias bibliográficas.
- Presentar fichas completas.
- Uniformidad del sistema empleado.
- En orden alfabético.

Notas

- Número superíndice ascendente.
- Evitar repetir las referencias bibliográficas en las notas.
- Reducir el número de notas al mínimo posible.

ATENTAMENTE

Dra. Hortensia Parra Delgado
Directora de la Facultad de Ciencias
Químicas

Dr. Daniel Alberto Montes Galindo
Editor de *Panamacani*

INFORMES

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

- ☎ 312 316 1163
- ✉ panamacani@ucol.mx
- 📍 Km 9 Carretera, Colima - Coquimatlán s/n, C.P. 28400, Coquimatlán, Colima, México

DIRECCIÓN GENERAL DE PUBLICACIONES

- ☎ 312 316 1081 y 312 316 1000, extensión 35004
- ✉ publicaciones@ucol.mx
- 📍 Avenida Universidad 333, C.P. 28040, Colima, Colima, México

Impreso en agosto de 2024 por la Dirección General de Publicaciones
Gestión Administrativa: María Inés Sandoval Venegas
Encargados de impresión: Adolfo Álvarez González y Ricardo Esteban Galindo Vázquez
Terminados: Pedro Joel Martínez Aldama, Miguel León Baltazar y Carlos Ricardo Plascencia Núñez