

# EXPERIMENTA

Revista de divulgación científica de la Universidad de Antioquia

Edición

17



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA



# Edi ción

# 17

---

---

---

---

[www.udea.edu.co/experimenta](http://www.udea.edu.co/experimenta)

Nos interesa saber tu opinión sobre esta publicación. Escríbenos tus sugerencias y comentarios a [revistaexperimenta@udea.edu.co](mailto:revistaexperimenta@udea.edu.co)

**L**a Agenda 2030 sobre desarrollo sostenible fue propuesta en el 2015 por la ONU como una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan caminos que mejoren la vida de todos, sin dejar a nadie atrás. Esta agenda se desglosa en 17 objetivos que conforman un plan maestro de los desafíos globales a los que nos enfrentamos con el fin de conseguir un futuro sostenible para todos. La presente edición de *Experimenta* incluye algunas de las denominadas “acciones por el planeta”, actividades conectadas con varios de los objetivos de desarrollo sostenible. Cuando decimos “acciones por el planeta” se abre un amplio panorama no solo en lo conceptual, sino en lo práctico: ambiente sano, energías asequibles y no contaminantes, suelo, aire y agua más limpios y también salud y bienestar de las comunidades y disminución de los niveles de hambre en todo el mundo.

En relación con la energía, investigadores del Grupo Catálisis Ambiental, de la Facultad de Ingeniería, en el marco de proyectos relacionados con la valorización energética de los residuos urbanos, diseñaron un incinerador basado en catalizadores que depura las emisiones de gases contaminantes como dioxinas y furanos. Investigadores del Grupo Energías Alternativas desarrollaron una turbina hidrocíntrica con base en el recurso hídrico, para llevar energía eléctrica a zonas aisladas y no interconectadas, las cuales corresponden a un 51 % del territorio colombiano. Nuestra sección “Lecturas para el asombro” presenta la reseña del libro *La idea más poderosa del mundo*, un recorrido histórico por la Revolución Industrial surgida en Inglaterra cuando se empezó a utilizar la energía motriz del fuego y al mismo tiempo se cuenta el momento histórico en el que las ideas empezaron a ser propiedad de quien las genera. Acerca del tema agua, en nuestra sección “Cuento” don José y Juan dialogan sobre el agua salada y dulce, líquida y sólida, en un divertido paseo al mar. Por otro lado, considerando los objetivos relacionados con el bienestar de las poblaciones, en el Grupo de Investigación en Alimentación y Nutrición Humana, de la Escuela de Nutrición y Dietética, analizaron el fenómeno del hambre y la inseguridad alimentaria en Antioquia, considerando variables como los hábitos alimenticios, el contenido energético de los nutrientes esenciales y los efectos de la inflación sobre el precio de los alimentos.

En el Grupo de Física Atómica y Molecular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, en colaboración con la Universidad Técnica de Múnich, se llevó a cabo un proyecto que estudia los procesos dinámicos internos de las moléculas con base en el fenómeno denominado estroboscopia, que en el mundo macro se asocia con la sensación de continuidad que producen los fotogramas de una película. Investigadores del Departamento de Ingeniería de Materiales de la Facultad de Ingeniería, estudian el hierro y las aleaciones férricas, materiales de uso indispensable en estructuras tan diversas como la carrocería de los automóviles o los grandes puentes presentes en ciudades en todo el mundo.

En nuestra sección “Vidas para el conocimiento”, contamos la historia del doctor Iván Darío Vélez, un investigador que ha dedicado su vida al estudio de las enfermedades denominadas huérfanas, o sea, las que reciben poca atención por los sistemas de salud. El doctor Iván Darío es el corazón del Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales de la Universidad, donde ha formado un sólido grupo de investigadores con reconocimiento nacional e internacional. Por otro lado, investigadores del Grupo Toxinología, Alternativas Terapéuticas y Alimentarias estudian los efectos analgésicos de extractos de cannabis sobre diversas formas de dolor, y en la sección “Trayectorias” se comparte la historia de este mismo grupo, iniciada en los años ochenta con el estudio de toxinas y venenos de animales ponzoñosos. Actualmente, el grupo ha diversificado sus objetivos, y además del estudio del accidente ofídico trabaja en una planta de producción de antivenenos liofilizados, en la actividad analgésica de péptidos, así como en la evaluación del efecto de consumo de alimentos y su asociación con biomarcadores de riesgo cardiovascular.

**Revista Experimenta**

Publicación de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Antioquia  
ISSN 2357-3503

John Jairo Arboleda Céspedes  
**Rector**

Luz Fernanda Jiménez Segura  
**Vicerrectora de Investigación**

Carmenza Uribe Bedoya  
**Directora**

Lina Alexandra Gómez Henao  
**Editora**

**Comité editorial**

Carmenza Uribe Bedoya  
Bernardo Bustamante Cardona  
Luz Marina Restrepo Múnera  
Sara Cristina Vieira Agudelo  
Mario Víctor Vázquez Ceballos  
Gloria Valencia Bustamante  
Luz Adriana Ruiz Marín

**Producción y diseño**

Ángela González Restrepo  
Carolina Gomes Gaviria  
Juliana Morales Urrego  
Dirección de Comunicaciones  
Universidad de Antioquia

**Corrección de texto**

Silvia Vallejo Garzón

**Ilustraciones**

Mauricio Vázquez Rendón

**Fotografía**

Cortesía de los grupos de investigación y autores  
Alejandra Uribe Fernández

La Revista Experimenta es una publicación de la Universidad de Antioquia que tiene como objetivo la divulgación de la actividad científica desarrollada en la Institución. Los artículos aquí publicados tienen fines educativos y divulgativos; por tanto, el contenido de esta publicación podrá ser utilizado únicamente con fines académicos y educativos, no comerciales, de acuerdo con la norma de propiedad intelectual.

**Universidad de Antioquia**

Vicerrectoría de Investigación  
Recepción de correspondencia: Calle 70 N.º 52-51  
Teléfono (+574) 2195190  
revistaexperimenta@udea.edu.co  
www.udea.edu.co/experimenta  
Apartado Aéreo 1226  
Medellín, Colombia

2022

# Con teni do

Edición  
17



Corriente de los ríos

- 6** ¿Podrá ser el remedio más malo que la enfermedad?
- 12** Corriente de los ríos: alternativa para llevar energía a las Zonas No Interconectadas de Colombia
- 18** Estroboscopia en el mundo cuántico de átomos, moléculas y fotones
- 24** Hambre e inseguridad alimentaria, la realidad más allá de una crisis
- 30** Iván Darío Vélez Bernal  
Con el trópico tatuado en el corazón
- 42** Viejas amigas que llegaron para quedarse
- 46** Marihuana: eliminando barreras para el tratamiento del dolor
- 54** Un camino culebrero: de las toxinas y sus aplicaciones al manejo integral de los envenenamientos
- 62** La idea más poderosa del mundo
- 64** Un paseo al mar en la vida de Juan
- 68** El alquimista

**30**

Iván Darío Vélez Bernal  
Con el trópico tatuado  
en el corazón

**46**

Marihuana: eliminando  
barreras para el  
tratamiento del dolor

# ¿Podrá ser el remedio más malo que la enfermedad?

**Lina María González Rodríguez**

Ingeniera Química, doctora en Ciencias Químicas  
Investigadora del Grupo Catálisis Ambiental  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de Antioquia

—  
*Tierra y agua, los dos fluidos esenciales de los cuales depende  
la naturaleza, se han convertido en botes de basura*

Jacques Cousteau



Panorámica de la ciudad de Medellín  
Foto: Clive Kim en Pexel.com

**C**onocemos como basura, desecho o residuo a todo aquel producto o material que su propietario o poseedor descarta por no tener valor. Y en los últimos años hemos escuchado que el manejo de las basuras es un problema complejo y una bomba de tiempo, que los rellenos sanitarios han llegado o están a punto de llegar a su máxima capacidad y que la generación de residuos peligrosos, que deben ser eliminados de forma segura y definitiva, es continua y creciente.

El mal manejo de las basuras puede estar ligado a la cultura del usar y tirar, a la cual nos ha llevado la economía basada en el consumo. Y aunque los esfuerzos por prevenir o minimizar la generación de las basuras han comenzado a ser parte de las campañas ambientales a nivel mundial, no han sido suficientes.

La optimización de los residuos es una forma atractiva de aprovecharlos, en donde se destacan la reutilización, el reciclaje, el compostaje y la valorización energética; este último proceso ha comenzado a tomar fuerza porque permite cogenerar energía a la par de reducir la cantidad de residuos, garantizar su eliminación definitiva y evitar la propagación de enfermedades infectocontagiosas. La valorización energética se basa en un proceso de incineración, pero va más allá, ya que a la par de eliminar los residuos estos pueden servir como combustible para producir energía.

Pero ¿por qué una solución que se ve tan adecuada puede llegar a ser peor que el propio problema generado por las basuras? Pues una parte importante de la respuesta son las emisiones, tanto de compuestos gaseosos como de material particulado, las cuales van al aire y si no son tratadas de una forma eficiente y adecuada pueden afectar la salud humana y de los animales, contaminar las aguas y los suelos e incrementar los efectos del calentamiento global, entre otros.

Los residuos sólidos urbanos que van a un relleno sanitario son una mezcla complicada de todo tipo de desechos, desde los orgánicos (residuos de alimentos y comida) hasta plásticos, espumas, papeles, cartones, telas, material fitosanitario, metales y muchos más. Así que al quemarlos, en las chimeneas de estos hornos se genera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y vapor de agua, ambos contribuyentes del calentamiento global, y otras sustancias nocivas.

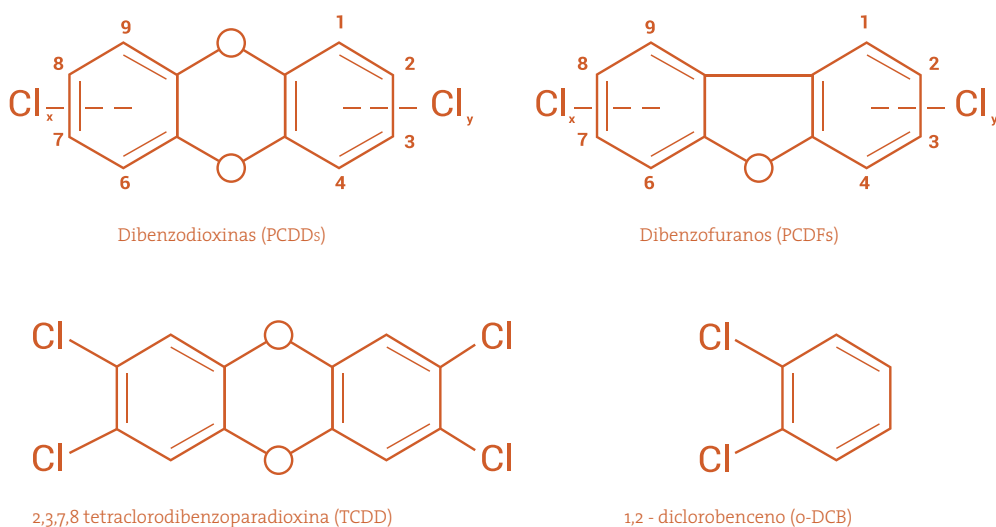
Entre las sustancias nocivas encontramos gases que favorecen la formación de la lluvia ácida y la generación de esmog fotoquímico (que se observa como una atmósfera gris, principalmente en las ciudades), como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el ácido clorhídrico (HCl), el ácido fluorhídrico (HF), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y el monóxido de carbono (CO); además, material particulado, algunos con tamaños tan pequeños que pueden ser fácilmente respirables (PM 5 y PM 2.5). También se cuentan los metales pesados como cadmio, mercurio, plomo, arsénico, cromo, estaño, entre otros.



Para estas sustancias nocivas existen procesos de limpieza y remoción que permiten eliminarlos casi totalmente. Estos procesos consisten en lavadores de gases que eliminan principalmente los gases ácidos ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl}$  y  $\text{HF}$ ), filtros que retienen el material particulado y también precipitadores electrostáticos que ayudan a eliminar los metales pesados.

Para el manejo de compuestos como el  $\text{CO}$  y los  $\text{NO}_x$  se usan los convertidores catalíticos, que son muy parecidos a los que existen en los exostos de los carros y que se ubican en la chimenea de salida de los gases.

Durante la incineración, además de las sustancias nocivas se producen otros compuestos como los organoclorados, donde se destacan las dioxinas y furanos, que causan grandes problemas a la salud humana como cáncer, malformaciones en fetos, afectaciones del sistema inmunitario y cloroacné, entre los principales efectos.



**Figura 1.** Representación dioxinas y furanos

**Fuente:** elaborada por la autora.

En países donde la incineración de residuos urbanos se ha comenzado a implementar, se han evaluado diferentes formas de eliminar las dioxinas y los furanos de las corrientes gaseosas, que complementa los sistemas descritos anteriormente. Se utilizan sistemas de adsorción con carbón activado, pero las dioxinas y los furanos no son destruidos. Otros procesos involucran el uso de catalizadores combinados con amoníaco, que permiten la destrucción total y definitiva de estos compuestos.

Entre los procesos más estudiados se tienen algunos que permiten destruir las dioxinas y los furanos de forma simultánea con los  $\text{NO}_x$ ; pero hay limitaciones de uso porque van disminuyendo la capacidad de destruir a las dioxinas y los furanos.

Teniendo en cuenta el alto impacto de este tipo de investigación, el Grupo Catálisis Ambiental, de la Facultad de Ingeniería, ha venido investigando procesos de eliminación de las dioxinas y los furanos que puedan ser implementados en los sistemas de depuración de gases de incineradoras de residuos urbanos. Los sistemas que se han estudiado están basados en catalizadores a base de cobalto y paladio, que también permiten una eliminación simultánea con los NOx y requieren el uso de metano en vez de amoníaco.

Para saber si un proceso puede ser implementado o no a escala real, se deben realizar pruebas con sistemas de reacción de diferentes tamaños. A medida que se incrementa el tamaño se evalúa la eficiencia y la durabilidad del sistema. Inicialmente, en el Grupo Catálisis Ambiental se comienza la evaluación de la actividad de los catalizadores a base de cobalto y paladio en un sistema de reacción.

El material sólido que actúa como catalizador de ambas reacciones se prepara de acuerdo con procedimientos reportados en otras investigaciones, utilizando un silicato de aluminio tipo zeolita como soporte del Co y del Pd. El sólido se coloca en un tubo de vidrio (reactor) sobre un lecho poroso y allí este se pone, a varias temperaturas, en contacto con la mezcla gaseosa. Debido a la peligrosidad de las dioxinas y los furanos a nivel de laboratorio se utiliza como compuesto organoclorado el 1,2-diclorobenceno (o-DCB). Así, la mezcla que alimenta al reactor consiste en NOx, metano, oxígeno, o-DCB y vapor de agua.



**Figura 2.** Sistema de reacción utilizado para evaluar sistemas catalíticos de depuración

**Fuente:** fotografía del proyecto.

Luego de un tiempo de reacción estos gases alimentados se transforman en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), nitrógeno (N<sub>2</sub>), ácido clorhídrico (HCl) y más vapor de agua.

Con estas pruebas se han logrado conversiones casi del 100 % del compuesto organoclorado y del 40 % en el caso de los NO<sub>x</sub> durante al menos dos días de trabajo continuo, sin cambios significativos en el material catalítico.

La investigación que hemos realizado nos ha permitido entender que algunos de los temores que se tienen con el uso de la incineración de los residuos urbanos, como una forma de eliminarlos y de generar energía, están basados en los altos costos de los sistemas de depuración de los gases generados. Este temor nos lleva a pensar que podrían implementarse equipos de incineración de forma inadecuada, con generación de emisiones de gases que causan serios problemas de salud y daños al medioambiente. Debemos seguir uniendo esfuerzos para proteger la vida y el planeta, y brindar soluciones adecuadas, oportunas y, en la medida de lo posible, económicas. ✕

*Este artículo fue escrito en memoria de mi gran amiga y coinvestigadora de este proyecto Beatriz Helena Aristizábal Zuluaga, quien partió de este mundo el 27 de junio de 2021*

Proyecto de investigación «Evaluación de la implementación de un sistema para la remoción simultánea de compuestos organoclorados y NO<sub>x</sub> generados durante la incineración de residuos», financiado por Colciencias, ahora Ministerio de Ciencia y Tecnología, la Universidad de Antioquia y la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales (COL609-2013 Ejecución: 01/11/2013-31/11/2018).

# Corriente de los ríos:

alternativa para llevar energía a las Zonas No Interconectadas de Colombia

## Andrés Jahir Chalaca Salas

Ingeniero Mecánico, estudiante de la Maestría en Ingeniería  
andres.chalaca@udea.edu.co

## Paulo Euliser Chávez Taquez

Ingeniero Mecánico  
paulo.chaves@udea.edu.co

Ganadores Premio a la Investigación Estudiantil 2020, área ingeniería  
Investigadores del Grupo Energía Alternativa —GEA—  
Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia





Las ZNI representan el 51 % del territorio nacional y están conformadas por poblaciones aisladas geográficamente, localizadas en la Orinoquía, la Amazonía, el litoral Pacífico, San Andrés, Providencia y Santa Catalina y otras áreas de difícil conexión al Sistema Interconectado Nacional — SIN —.

Fuente: IPSE.

Foto: Franklin Peña Gutiérrez en Pexels.com

**S**i estás leyendo esto, seguramente tienes energía eléctrica que permite que tu dispositivo móvil pueda acceder a internet, o estás en tu casa donde tienes luz para leer la versión impresa de la revista sin necesidad de una vela, una linterna o una planta eléctrica. Estás en el 49 % del territorio colombiano que tiene el servicio de energía eléctrica de manera ininterrumpida.

Sin embargo, en Colombia existen poblaciones situadas en zonas aisladas, lejanas de los grandes centros urbanos, ubicadas especialmente en el Pacífico, la Amazonía, la Orinoquía y algunas zonas del Caribe colombiano, que no tienen acceso a energía eléctrica a través de redes o líneas convencionales de transmisión y que son denominadas Zonas No Interconectadas —ZNI—. Según el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas —IPSE—, estas regiones representan el 51 % del territorio nacional y son habitadas por 1,4 millones de personas, aproximadamente, concentradas en pequeños centros poblados.



El pacífico colombiano es la región del país con mayores poblaciones no interconectadas. Imagen Puerto Nuevo, Chocó, Colombia.  
Foto: Franklin Peña Gutiérrez en Pexels.com

## ¿De dónde viene la energía eléctrica que tenemos en casa?

Cuando enciendes la luz de tu cuarto, prendes el televisor o te conectas al wifi, estás accediendo a la red eléctrica de tu ciudad, que proviene de las centrales hidroeléctricas de gran potencia que emplean turbinas hidráulicas convencionales (que pueden ser de tipo Pelton, Kaplan o Francis); para su funcionamiento es necesaria la construcción de obras como represas, embalses o canales que requieren un largo periodo de tiempo, un costo económico significativo y llegan a generar impactos sociales y ambientales en su implementación. En Antioquia tenemos algunas de estas estructuras en los embalses de Guatapé, San Carlos, Ituango, La Fe y otros lugares.



turbinas hidrocínéticas. Este tipo de tecnología comparte los principios físicos de funcionamiento con las turbinas eólicas (aquellas movidas por el viento), que, de hecho, son similares en forma, pero de dimensiones menores y de las que existen diferentes tipos.

Las turbinas hidrocínéticas aprovechan la energía cinética de la corriente del río (asociada a su velocidad) y la transforman en energía eléctrica mediante un generador eléctrico sin necesidad de construcción de obras civiles, pues el agua fluye como una corriente libre —incluso las corrientes de movimiento lento son aptas para la generación—. Esta clase de máquinas ocupan poco espacio, son fáciles de operar, se instalan en el lecho del río o en estrechos de marea y tienen un bajo costo de fabricación, lo que representa una gran ventaja respecto a la implementación y el uso de las turbinas convencionales.

## La clave: investigar y adaptar

Con este contexto, nos dimos a la tarea de diseñar, simular y optimizar una turbina hidrocínética tipo Gorlov para la generación de energía eléctrica, convirtiendo esto en un proyecto desarrollado con el GEA.

Para llevar a cabo esta investigación, consultamos y revisamos otros estudios que se han realizado en el mundo con el fin de encontrar oportunidades o vacíos en el conocimiento, lo que permite un aporte desde nuestra investigación.

Sin embargo, conectar estos sistemas con las ZNI es un reto, por eso, buscando solución a través de la investigación, que además aporte a la generación de energía limpia, la mitigación del cambio climático, la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero —GEI— y a la integración de localidades que hoy no tienen acceso a la energía eléctrica, como las ZNI en Colombia, nos vinculamos al Grupo de Investigación de Energía Alternativa —GEA— de la Universidad de Antioquia, en 2019, cuando todavía éramos estudiantes de ingeniería mecánica.

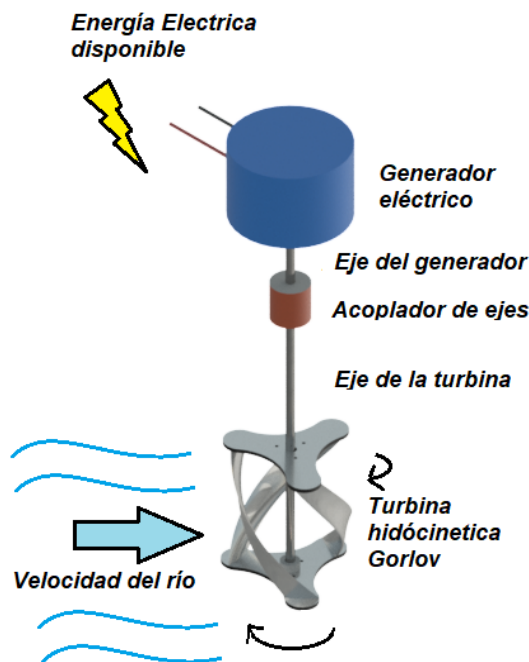
Con el grupo pudimos identificar que una alternativa de solución técnica y económicamente viable para usarse en zonas aisladas con disponibilidad de recursos hídricos estaba en la tecnología denominada

Así, identificamos una metodología para el diseño de turbinas hidrocínéticas tipo Gorlov acordes con las condiciones específicas de los recursos hídricos disponibles en las ZNI de Colombia. Empleamos herramientas computacionales, tales como un *software* de diseño asistido por computador (CAD) para plasmar el diseño conceptual de la turbina en un modelo 3D; además, usamos un *software* de simulación numérica enfocado en la dinámica de fluidos computacional (CFD), para resolver las ecuaciones que gobiernan el fluido cuando es sometido a atravesar la turbina, ya que de manera analítica es algo imposible de resolver. El mismo simulador numérico nos permitió realizar un análisis estructural con el fin de observar los esfuerzos que debía soportar la turbina y la ubicación de estos.

Además, empleamos una técnica de manufactura avanzada mediante impresión 3D, para fabricar un modelo a escala de laboratorio de de la turbina hidrocínética Gorlov.



**Figura 1.** Mapa de las zonas interconectada y no interconectadas de Colombia  
Fuente: IPSE.



**Figura 2.** Esquema del sistema de generación de energía mediante turbinas hidrocínéticas tipo Gorlov  
Fuente: elaborada por los autores.

## ¿Es posible usar las turbinas hidrocínéticas en las Zonas No Interconectadas?

La experiencia investigativa dejó muchos aprendizajes y se pudo concluir lo siguiente:

Para el diseño de las turbinas hidrocínéticas se emplean los principios derivados de las turbinas eólicas porque su operación es similar, aún así, los desarrollos de turbinas hidrocínéticas en su mayoría se encuentran en etapas tempranas de madurez, de acuerdo con lo identificado a nivel internacional y a nivel local.

La implementación de herramientas computacionales facilitó la optimización del diseño, especialmente la simulación CFD, ya que por medio de esta se pueden cambiar los parámetros del diseño de la turbina, por ejemplo, la altura, el diámetro y el número de palas, sin tener que construir prototipos diferentes, lo que es una ventaja en temas de economía y tiempo; sin embargo, es tarea del investigador interpretar y corroborar los resultados de la simulación, con base en los hallazgos experimentales y que reportaron otras investigaciones.

En Colombia hay muchas comunidades que se ven particularmente afectadas por la falta de electricidad y están situadas en zonas donde el recurso hídrico está disponible y podría albergar instalaciones hidrocínéticas. Idealmente, el montaje de la turbina hidrocínética tipo Gorlov se





**Figura 3.** Turbina hidrocínética y tipo Gorlov  
**Fuente:** elaborada por los autores.

puede ubicar en el medio de una sección recta del río cercana a la orilla. Otra opción puede ser situar el montaje aguas debajo de una central hidroeléctrica convencional, donde la energía sobrante de la corriente de agua que sale de las turbinas de la central se pueda reutilizar.

Se espera que los resultados de las investigaciones en torno a las turbinas hidrocínéticas generen una mayor inversión en proyectos que permitan establecer las mejores alternativas para el aprovechamiento del recurso hídrico, tanto de mares como de ríos, y posibiliten la identificación de las tecnologías más eficientes y con mejores resultados para la generación de energía. **X**

### Algunas características de las Zonas No Interconectadas

- Las ZNI representan el **51 %** del territorio nacional.
- Habitantes de ZNI: 1.4 millones aproximadamente.
- Servicios públicos básicos (agua potable, comunicaciones, energía eléctrica): carentes.
- Cobertura de energía eléctrica en ZNI: **34 %** aproximadamente.
- Servicio de energía: Intermitente (no disponible 24 horas continuas).  
**96 %** de las ZNI depende de plantas térmicas (combustibles fósiles) con alto costo operacional y mantenimiento, con efectos ambientales negativos como cambio climático.
- Uso de la energía: residencial, especialmente iluminación y refrigeración.
- Otras necesidades no satisfechas: salud y educación.
- Fortalezas: zonas de alta importancia ecológica. Abundante riqueza de recursos naturales y gran biodiversidad.

Agradecemos al Grupo de Investigación de Energía Alternativa —GEA—, especialmente al director del grupo de investigación Edwin Chica, y a Laura Velásquez, ambos docentes del Departamento de Ingeniería Mecánica, por brindar la asesoría académica para llevar a cabo este proyecto.



Ilustración Mauricio Vázquez Rendón

# Estroboscopia en el mundo cuántico de átomos, moléculas y fotones

**Daniela Gallego Valencia**

Física y estudiante de doctorado en Física  
daniela.gallegov@udea.edu.co

**José Luis Sanz Vicario**

Químico. Físico. Doctor en Ciencias Químicas  
jose.sanz@udea.edu.co

---

Grupo de Física Atómica y Molecular, Instituto de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia.

Los fenómenos de la naturaleza pueden ser caracterizados por sus magnitudes, tanto espaciales (¿cuánto espacio ocupan?) como temporales (¿cuánto duran en el tiempo?). Así podemos tener desde distancias a galaxias de  $10^{16}$  metros (un año luz) en el extremo de lo grande, hasta átomos con tamaños de  $10^{-10}$  metros (un ángstrom) en el extremo opuesto. Igualmente, los tiempos propios del giro de un planeta alrededor de una estrella (cien millones de segundos o  $10^8$  segundos) son 20 órdenes de magnitud más grandes que el tiempo en que un electrón gira alrededor de un núcleo en un átomo ( $10^{-18}$  segundos).

Las escalas de tamaño y tiempo en metros y segundos no son casuales, están pensadas para la escala humana y así tener números de medida manejables. El ser humano como tal puede percibir y discriminar movimientos a simple vista con una resolución aproximada de 0.04 segundos (1/24 segundos), es decir, puede detectar movimientos que ocurren en algunas centésimas de segundo. De hecho, el cine clásico se grababa y proyectaba pasando un rollo de película a una velocidad de 24 fotogramas por segundo para que el ojo humano tuviera una sensación de continuidad en la imagen. Sin embargo, la tecnología actual ya permite tener cámaras comerciales de alta velocidad, consiguiendo hasta 3000 fotogramas por segundo. Con ellas se puede apreciar en detalle (cuando se proyectan en cámara lenta) desde la explosión de un globo de aire hasta el rápido movimiento del aleteo de un colibrí.

En un ejemplo inusitado de amor por la ciencia y la técnica, Leland Stanford, gobernador de California en 1878, aficionado a las carreras de caballos, se preguntaba si un caballo al galope apoya, al menos, una pata en el suelo o ninguna. Pregunta tan frívola en aquella época dio pie a que contratara los servicios del fotógrafo Eadweard Muybridge, quien ideó un método estroboscópico pionero usando 12 cámaras fotográficas a lo largo de 6 metros, que se disparaban en cuanto el caballo rompía un cordel conectado a cada una de ellas. La famosa secuencia de fotografías del galope (se puede ver en Wikipedia) dio la repuesta: hay momentos en los que el caballo mantiene las cuatro patas en el aire.

Si estos son movimientos rápidos que desde la percepción humana ya no pueden discernirse, ¿cuántos fotogramas por segundo se necesitarían para seguir el movimiento de una molécula de tamaño na-

nométrico (1 nanómetro =  $10^{-9}$  metros)?

Los movimientos naturales de una molécula son su rotación espacial, las vibraciones de los átomos que la componen y el movimiento de los electrones dentro de la molécula; estos movimientos son diferentes y transcurren en el orden de los pico- ( $10^{-12}$ ), femto- ( $10^{-15}$ ) y atto- ( $10^{-18}$ ) segundos, respectivamente. Esto viene a implicar que aquello que existe en la escala microscópica se mueve rapidísimamente, en escalas de tiempo infinitesimales. La percepción humana de 1/24 segundos es incapaz de discernir movimientos que ocurren en tiempos al menos de diez órdenes de magnitud menor.

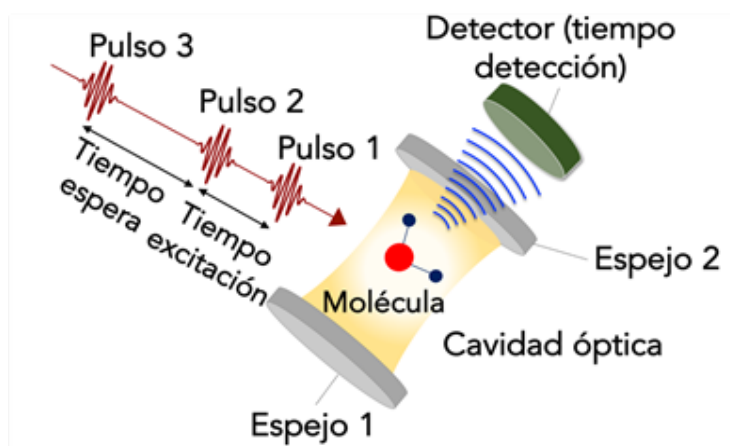
Así, por ejemplo, para acercarse al mundo cuántico, el conejo blanco de *Alicia en el país de las maravillas* debería llevar consigo un reloj con cronómetro que marcara no las horas, los minutos o los segundos, sino los pico-, femto- y atto- segundos.

En los estudios de la química-física, si uno quiere determinar la estructura o dinámica de un sistema molecular, lo puede someter a la radiación para ver cómo responde el sistema ante el estímulo, lo cual da lugar a la espectroscopía, bien de absorción o de emisión.

La espectroscopía de emisión, por ejemplo, es como tirar un piano por las escaleras y poder imaginar cómo está construido por dentro solo con escuchar los muchos sonidos y la multitud de notas (una frecuencia por cada tecla) que se emiten durante su caída. La espectroscopía de átomos y moléculas funciona con el mismo principio: elucidar la estructura a través de las frecuencias que emite el átomo o la molécula cuando le llega el terremoto de una radiación tipo pulso láser. Que la radiación láser sea pulsada indica que actúa como el flash de una cámara, la iluminación tan solo dura un instante.

En química-física, el desarrollo técnico de los láseres pulsados con duración de flash de femto-segundos en los años ochenta permitió al Premio Nobel Ahmed Zewail generar una llave de entrada al estudio de las reacciones químicas ultrarrápidas, como poner el conejo blanco de Alicia con su cronómetro al lado de los núcleos de las moléculas y medir los tiempos del movimiento nuclear.

Con este cronómetro puede seguirse la evolución dinámica de las moléculas en el transcurso de las reacciones químicas. Hoy en día ya se han desarrollado láseres pulsados de attosegundos, que sería como encargarle al conejo blanco la tarea de cronometrar a los electrones, que son más rápidos que los núcleos, dentro de los átomos y las moléculas.



**Figura 1.** Esquema de la generación de espectroscopía 2D (estroboscópica) bidimensional: moléculas inmersas en una cavidad óptica con radiación confinada entre dos espejos reciben una secuencia de tres pulsos láser con tiempos de retraso entre ellos bien controlados. Luego, la molécula excitada emite radiación que es recogida por un detector después de un tiempo denominado tiempo de detección.

**Fuente:** elaborada por los autores.

## Tomando fotos con láseres

El Grupo de Física Atómica y Molecular del Instituto de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales investiga los procesos dinámicos internos de moléculas introducidas dentro de un espacio entre dos espejos de alta reflexión que confinan luz en forma de fotones, llamados cavidades ópticas.

Es como si Alicia, reducida en tamaño con la píldora adecuada, cruzara a través de los espejos y pudiera ver cómo los fotones de la radiación dentro de la cavidad óptica interactúan con las moléculas materiales y forman un nuevo ente entrelazado caracterizado por propiedades tanto de radiación como de materia.

Para entender la estructura de este nuevo ente molécula-fotón, se puede someter el sistema a un conjunto sucesivo de tres láseres que llegan secuencialmente a la cavidad óptica, separados por intervalos de tiempos como se ve en la figura 1. El intervalo temporal entre el pulso 1 y el pulso 2 se denomina tiempo de excitación, y el intervalo entre los pulsos 2 y 3 tiempo de espera. Una vez actúan los tres pulsos, el ente molécula-fotón emite radiación de respuesta, que se mide en un detector D, luego de transcurrir un tercer intervalo de tiempo conocido como tiempo de detección. Todos estos tiempos pueden ser cronometrados por el conejo blanco de Alicia. Nuestro objetivo es hacer *fotografías* del sistema con el mismo principio estroboscópico explicado antes: se excita el ente molécula-fotón y se inicia su movimiento (Pulso 1 + Pulso 2), se deja pasar un tiempo cronometrado de espera y se toma la fotografía del objeto (Pulso 3 + detección). Si hacemos un estudio estroboscópico para muchos tiempos de espera intermedios tendremos series de tiempos como fotogramas estroboscópicos conceptualmente similares a los que observa el conejo blanco de nuestra portada, con una pelota que rebota en el suelo.

En física, las series temporales, representadas como función del tiempo, son difíciles de analizar, y una herramienta esencial es trasladar esa información temporal a información en frecuencias. Si hacemos dicha transformación para los tiempos de excitación y los tiempos de detección, entonces tendremos unos fotogramas que dependen ahora de las frecuencias de excitación y de detección, en lugar de tiempos.

Un ejemplo de secuencia de este tipo de espectros 2D (2 dimensionales o bidimensionales por las dos frecuencias involucradas) se incluye en la figura 2. El sistema bajo estudio es una molécula con dos niveles de energía (fundamental y excitado) acoplada a la radiación dentro de una cavidad óptica. Los estados de radiación se entrelazan con los de la molécula para formar un nuevo ente (que aquí bautizamos como radícula) con otras nuevas energías (véase figura 2 A). Sobre este sistema así formado se hace incidir la secuencia de tres pulsos láser descrita antes. Los diferentes espectros 2D con resolución en el tiempo de espera nos indican que los estados absorben y emiten de forma diferente porque ellos cambian y se modifican en dicho tiempo de espera. De hecho, esta espectroscopía 2D nos permite hacer preguntas como la siguiente: si el sistema absorbe con una frecuencia de excitación, el sistema reemite, pero ¿en qué frecuencias de detección? Esta es la información que revelan los espectros 2D, a diferencia de los espectros simples de absorción tradicionales 1D (véase figura 2 B) que solo muestran picos en las frecuencias resonantes de excitación, pero no cuentan la historia del sistema, es decir, su estroboscopia temporal.

Estas espectroscopías multidimensionales no son una entelequia teórica, sino que se miden realmente en laboratorios avanzados usando agregados de moléculas en disolución inmersas en matrices dentro de

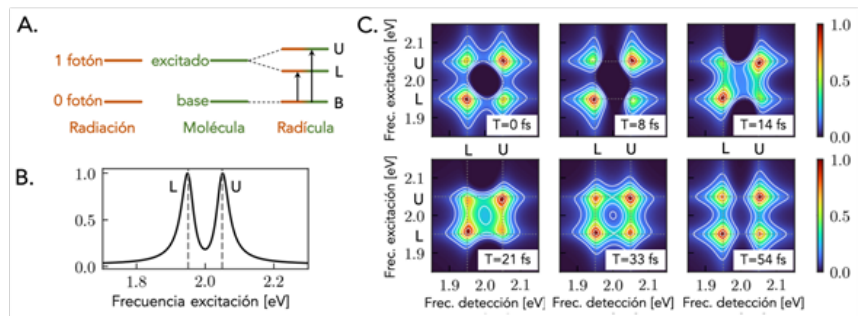
cavidades ópticas, y se obtienen secuencias de espectros 2D en función del tiempo de espera (con una resolución temporal de femtosegundos). Nuestro Grupo de Física Atómica y Molecular de investigación teórica está en contacto con investigadores experimentales de la Universidad Técnica de Múnich, en Alemania, quienes obtienen espectros 2D rutinariamente en el laboratorio, pero carecen de las herramientas teóricas para interpretarlos de forma adecuada. Nuestro grupo desarrolla actualmente herramientas teóricas y computacionales relevantes para la comprensión de estas señales estroboscópicas que surgen, desaparecen y parpadean en los espectros 2D, en una colaboración cercana entre la teoría y el experimento, una sinergia necesaria en la ciencia moderna. **X**

**GLOSARIO**

**Estroboscopio:** Sistema de grabación de película con flash de iluminación intermitente, donde se controla la duración de cada flash y el intervalo de tiempo entre ellos. El objeto queda grabado solo cuando este es iluminado por el flash en un corto espacio de tiempo.

**Fotón:** Es la partícula cuántica fundamental que conforma la luz o radiación.

**Láser:** El láser es Luz Amplificada por Emisión Estimulada de Radiación cuya fuente es un sistema atómico o molecular con una inversión de población: el estado excitado tiene más población que el fundamental y por desexcitación emite radiación.



**Figura 2.** (A) Diagrama de dos niveles de radiación correspondientes a 0 fotón y 1 fotón, y de dos niveles de energía de una molécula (base y excitado). El nuevo ente radiación-materia acoplado (radícula) presenta nuevos niveles de energía G, L y U entre los que se absorbe y emite radiación. (B) Espectro 1D simple de absorción de radiación con picos en las posiciones de los nuevos niveles L y U de la radícula. (C) Espectros 2D bidimensionales en función de las frecuencias de excitación y de detección, como fotogramas de una secuencia estroboscópica a tiempos de espera T = 0, 8, 14, 21, 33 y 54 fs. En el tiempo T = 54 fs el sistema cuántico «rebota» como la pelota estroboscópica de la ilustración y muestra un fotograma similar al inicial en T = 0. **Fuente:** elaborada por los autores.



**Hambre e inseguridad  
alimentaria, la realidad  
más allá de una crisis**





**Lorena Patricia Mancilla López**

Investigadora

Grupo Determinantes Sociales de la situación de salud y nutrición  
Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de Antioquia

**Sandra L. Restrepo Mesa**

**Seneida Lopera Cardona**

Investigadoras

Grupo de Alimentación y Nutrición Humana GIANH de la Escuela de  
Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia

---

El estado alimentario y nutricional de los colombianos y de la región de Antioquia es preocupante. Siete de cada diez hogares se encuentran en inseguridad alimentaria en Colombia y también en Antioquia; a esto se suma que los alimentos que consumen un grueso de la población no aportan los nutrientes necesarios para favorecer la promoción de la salud y la prevención de la enfermedad. El Grupo de Investigación en Alimentación y Nutrición Humana y la Unidad Políticas Alimentarias y Nutricionales presentan un análisis sobre esta realidad en el país, en el departamento de Antioquia y en la ciudad de Medellín.

**E**xiste suficiente evidencia sobre el papel central que tiene la alimentación y nutrición en la salud y en el ciclo de la vida. El déficit o exceso de energía y nutrientes lleva a que nuestra población presente, de manera silenciosa, enfermedades como anemia, osteoporosis, bajo peso, obesidad, problemas inmunológicos, metabólicos, entre otros, que afectan el organismo y que, con el tiempo, se expresan en enfermedades crónicas que requieren atención especializada, suplementación y una alimentación ajustada a los requerimientos de energía y nutrientes del individuo, aspectos a los que no toda la comunidad tiene acceso.



La cantidad total de los alimentos que se producen en el mundo puede alimentar fácilmente a todas las personas, pero hoy, cerca del 10 % de la población mundial tiene hambre, como una condición asociada a la pobreza. Foto: Marco Carmona en Pexel.com

Aunado a lo anterior, las noticias recientes nos pusieron de presente una cruda realidad: experimentamos la inflación más alta de los últimos 21 años. Esta alza afectó en mayor medida a los alimentos, hasta el punto de que en 2022 pagamos por estos productos 26 % más que en 2021. Una convergencia de factores internos y estructurales del país, junto con fenómenos a escala mundial, como la pandemia por la covid-19 y los conflictos internacionales, se conjugan para producir un escenario de crisis social y alimentario que quizás no tenga precedentes en la historia reciente del territorio colombiano.

En Colombia, la situación era muy preocupante mucho antes de la pandemia, cuando se hablaba de que más de la mitad de los hogares se encontraban en inseguridad alimentaria. Los datos más recientes, de agosto de 2022, producto de un estudio en 11 ciudades del país para medir los efectos de la pandemia sobre la inseguridad alimentaria en el hogar, evidenciaron que esta se incrementó en 20 puntos porcentuales respecto al dato de 2015; es decir, que 7 de cada 10 hogares tienen dificultades para acceder a una alimentación adecuada y suficiente para todos los miembros del hogar. Lo que se recrudece en los estratos uno y dos, en los cuales la inseguridad alimentaria aumenta al 86 % y 83 %, respectivamente. Asimismo, en los hogares con jefatura femenina, donde se incrementa a 78 %.

A este panorama se suma que, en Colombia, al tiempo que se va desmantelando la producción local, se importan de mane-



En los estratos 1 y 2 la inseguridad alimentaria aumenta al 86 % y 83 %, respectivamente. En los hogares con jefatura femenina, esta se incrementa a 78 %.

Foto: congerdesign en Pixabay

ra acelerada alimentos e insumos agrícolas. Los datos muestran que el país compra a otros una tercera parte de los alimentos que consumimos. Mientras esto sucede, observamos cómo el peso colombiano va perdiendo valor frente al dólar, lo cual resulta en el encarecimiento de los productos, lo que afecta el acceso de la población a los alimentos. Como si no fuera suficiente, a este explosivo cóctel se le añade el actual conflicto entre Rusia y Ucrania. Justamente los dos países involucrados se encuentran entre los principales exportadores de cereales y de insumos agrícolas, de los cuales dependen países como el nuestro para la producción de alimentos.

Lo más preocupante es que el aumento en los precios afecta de manera contundente a la población más empobrecida, dado que esta tiene que destinar mucho más de sus ingresos a la compra de alimentos; esto perjudica el patrón de consumo, de manera especial de los grupos más vulnerables. Si es cruel tener limitadas opciones para alimentarse en cualquier momento del ciclo de la vida, se hace aún más difícil en algunos periodos de mayor vulnerabilidad fisiológica y psicológica como la infancia, la adolescencia, la gestación y la senectud. La mayoría de estos grupos son dependientes de terceros para el abastecimiento de alimentos.

### **Inseguridad alimentaria a la vuelta de la esquina**

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura —FAO, por sus siglas en inglés—, define la inseguridad alimentaria como la carencia de acceso frecuente a alimentos suficientes, nutritivos e inocuos, que permitan el crecimiento y desarrollo normal de las personas, así como llevar una vida activa y saludable.

En Antioquia, sin incluir a Medellín, aproximadamente 7 de cada 10 hogares estaban en inseguridad alimentaria en el año 2019, la mayoría con ingresos mensuales inferiores a medio salario mínimo. Este es el resultado del estudio sobre el Perfil Alimentario y Nutricional de los

Hogares de Antioquia, realizado en ese año a través de un trabajo articulado entre la Universidad de Antioquia y la Gobernación de Antioquia.

En medio de esta generalizada situación de inseguridad alimentaria, se evidenció el fenómeno de la doble carga de la malnutrición, que significa la coexistencia de problemáticas asociadas al déficit y al exceso, como, por ejemplo, tener anemia junto con exceso de peso. Además, se observó que a medida que aumentaba la edad en niñas, niños y adolescentes, el exceso de peso fue más predominante que el déficit. También se observó que en la población de 10 a 18 años ya se presentaban alteraciones en los niveles de colesterol, lo cual predice el desarrollo de enfermedades cardiovasculares. Asimismo, el exceso de peso se encontró de manera importante en la población mayor de 18 años. Esta situación está condicionada por los ambientes alimentarios, los cuales cobran especial importancia en los niños y adolescentes porque se encuentran en etapas en las cuales se están instalando los hábitos que se adoptarán para toda la vida.

En este estudio, más de la mitad de las mujeres gestantes y lactantes estaban ubicadas en zona urbana y pertenecían al estrato socioeconómico bajo. Un tercio de las gestantes presentaban anemia y más de la mitad deficiencia de hierro. Por su parte, en las mujeres lactantes la anemia y la deficiencia de hierro afectó a una quinta y un tercio, respectivamente.

Uno de los hallazgos en el desarrollo de esos hábitos está en el efecto de la publicidad televisiva que incita a la compra de productos ultraprocesados como dulces,



El hambre es la sensación física, incómoda y dolorosa causada por la privación de alimentos y por la falta de la energía mínima que requiere el cuerpo humano. Es un fenómeno multidimensional, complejo y cargado de injusticia social. Foto: Erik Scheel en Pexels.com

chocolatinas y bebidas azucaradas. En el caso de los niños de 1 a 9 años, el impacto de la publicidad televisiva se reflejó en que el 64,5 % de los adultos responsables compraron dulces y chocolatinas para los niños. En el 40,6 % de los adolescentes la publicidad tuvo un impacto en la compra de estos productos. El impacto de la publicidad para comprar gaseosas y bebidas azucaradas fue de 29,7 % en los niños de 1 a 9 años y 55,5 % en los adolescentes.

El Perfil 2019 también arrojó pistas importantes para entender las cifras de la doble carga de la malnutrición, porque pese a que el 57 % de la población consumió alimentos mínimamente procesados, una proporción importante, es decir 25 %, incluyó en su alimentación diaria productos procesados y ultraprocesados. Estos últimos representados principalmente en panes industrializados, bebidas azucaradas, carnes procesadas y *snacks*. En general, se evidenció que los antioqueños tuvieron una dieta desbalanceada, alta en grasas saturadas y baja en proteína y fibra.

Los patrones de consumo de las familias se han modificado, pues se evidencia que han priorizado alimentos de menor costo como los azúcares y los productos ultraprocesados, limitando el consumo de frutas, verduras y alimentos de origen animal; esto conduce al riesgo de deficiencia de proteínas, vitaminas y minerales que se ha agudizado con la pandemia por covid-19.

## Atender la desigualdad social es un imperativo

Ambos estudios reflejan la cruda realidad de nuestra región, en la cual las familias ven pasar los días en la encrucijada del desempleo, el alto costo de los alimentos y la malnutrición, ya sea acompañada de deficiencias o excesos en el peso, que los hace más susceptibles de enfermar y morir, comparados con quienes tiene acceso a una alimentación con variedad de alimentos y que se ajuste a sus necesidades de calorías y nutrientes; necesidades agudizadas por las desigualdades sociales que marcan la vivencia del hambre y la malnutrición.

Las narrativas, reflexiones y acciones sobre el hambre y la inseguridad alimentaria deben hacer parte de los entornos académicos, comunitarios y gubernamentales, para visibilizar y nunca olvidar que muchos seres humanos, a esta hora exactamente, padecen inseguridad alimentaria y mueren por hambre.

El complejo panorama alimentario y nutricional nos pone ante la inminencia de una crisis del hambre y la inseguridad alimentaria y nutricional, por cuanto los gobernantes y la sociedad, en su conjunto, se ven abocadas a unos retos para revertir tan dramática situación, esto se puede enunciar en cinco aspectos: 1) cerrar las brechas de la inequidades sociales, específicamente las inequidades sociales de género, por cuanto la inseguridad alimentaria afecta de manera más grave a las mujeres, y porque con mayor frecuencia son ellas las que están asumiendo el sostén económico del hogar, así como por su papel

en el cuidado de todos los miembros del hogar; 2) apoyo decidido a implementar sistemas alimentarios sustentables y equitativos. En este punto es imperativa la implementación del punto 1 de los acuerdos de paz de la Reforma Rural Integral, la promoción de circuitos cortos de comercialización, las compras locales, la recuperación de espacios públicos para la distribución de alimentos y, no menos importante, las políticas de protección a los precios de los alimentos naturales o mínimamente procesados; 3) la implementación de un programa de renta básica ante la actual crisis de hambre y de inseguridad alimentaria, con especial énfasis en la mujer cabeza de hogar y las que dedican la mayor parte de su tiempo al trabajo doméstico y del cuidado sin remuneración; 4) re-direccionamiento de las políticas y programas de protección social, ampliando los grupos objetivos (mujeres, adolescentes, adultos mayores) y superando su enfoque eminentemente asistencialista, hacia programas que realmente promuevan capacidades humanas y ambientes saludables; en este punto, es importante el control del expendio de productos ultraprocesados en instituciones educativas, y 5) implementar los impuestos saludables y mayor control al *marketing* y a la publicidad de productos ultraprocesados, asimismo, la puesta en marcha de una política de educación nutricional para la promoción de consumo saludable y responsable de alimentos. X

«Vidas para el conocimiento»

# Iván Darío Vélez Bernal

Con el trópico  
tatuado en el corazón

**Carmenza Uribe Bedoya**

Química. Directora de la revista *Experimenta*  
Profesora jubilada de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad de Antioquia



S

er fiel a un sueño, conservar vigentes los propósitos de vida y tener claras las metas profesionales, son características deseables en cualquier científico, puesto que son los insumos para realizar su labor e inspirar a otros. Esta es una buena manera de empezar a describir a Iván Darío Vélez Bernal, un investigador cuyos propósitos han permanecido presentes durante toda su vida profesional, un hombre lleno de matices en su vida personal y laboral, con las complejidades propias de todo ser humano, pero siempre atento al entorno y presto a ampliar su conocimiento y a no quedarse con él. Medellínense de nacimiento, hijo de Francisco

Luis Vélez y Cecilia Bernal, el cuarto de once hijos, Iván Darío se destacó desde niño en una familia que según su hermano Federico era pobre pero feliz. Unos padres amorosos y dedicados a los hijos les enseñaron que su única opción para salir adelante en la vida era estudiar. Cuando leyó en el colegio el libro de Taylor Caldwell *Médico de cuerpos y almas*, concluyó que lo que quería para su vida era desarrollar una labor médica



La carrera del profesor Iván Darío Vélez se ha caracterizado por su contacto permanente con comunidades; ha llegado a regiones apartadas del país teniendo presente “usar el lenguaje apropiado, el de ellos” como él mismo lo afirma. Fotos cortesía del investigador.

con los menos favorecidos, similar a la de Lucano o San Lucas, intelectual heredero de la sabiduría alejandrina. Para ello, Iván Darío se preparó e hizo la carrera de medicina. Entre 1984 y 1986 se especializó en parasitología, medicina tropical, leprología y un curso de cirugía de lepra, en Montpellier, Francia. En España obtuvo su doctorado en enfermedades infecciosas. Ha desarrollado trabajo de campo en todos los departamentos endémicos de Colombia; además, en Centroamérica y Suramérica



(Panamá, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Guatemala, Venezuela), en el Mediterráneo (España, Francia, Marruecos, Túnez), en África subsahariana (Etiopía, Camerún, Sierra Leona) y en Asia (Buthan). Ha ganado numerosos premios y reconocimientos no solo en Colombia, sino en otros países, entre ellos el premio al colombiano ejemplar y el Alejandro Ángel Escobar. Frente a un nuevo reto científico su frase favorita es “vamos a estudiar”. Y así, estudiando incansablemente se convirtió en experto en algunas de las más impactantes enfermedades olvidadas, en especial en leishmaniasis. Ha sido experto de la Organización Mundial de la Salud —OMS—, expositor en el Parlamento Europeo, ha viajado por cuatro de los cinco continentes, por ciudades grandes y pequeñas, siempre en la misma búsqueda: comprender las enfermedades tropicales y saber cómo aplicar ese conocimiento para mejorar las condiciones de vida de las poblaciones afectadas. Se ha movido por el mundo: ha vivido en Montpellier y Marsella —Francia—, en Ginebra —Suiza— y en Granada —España—, pero su ambiente natural es el de las comunidades, los caminos veredales, los tambos o las chozas de muchos rincones de Colombia donde siempre hay alguien que lo conoce y lo invita a aguapanela o cerveza.

Puede decirse que la obra de Iván Darío Vélez está representada en lo tangible y lo intangible que hay en cada conocimiento adquirido, cada solución propuesta, cada persona tratada, cada texto científico o



divulgativo publicado y cada estudiante que ha formado y se ha convertido en heredero de su pasión. Pero físicamente su obra está representada en el PECET, su grupo de investigación que pasó de ser el Servicio de Leishmaniasis, funcionando en una pequeña oficina en la Facultad de Medicina, al Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales —PECET— en una casa antigua, y finalmente en su laboratorio de la Sede de Investigación Universitaria, en el que no caben las decenas de

investigadores que hacen parte del grupo, y cuyas actividades y resultados deben compartirse en un congreso interno. Es imposible desligar la historia de Iván Darío de la del PECET. Y es el PECET su obra más visible, por el prestigio que este conglomerado de investigadores ha adquirido frente a la sociedad, por los logros obtenidos durante 36 años de existencia y por esa gran familia que alrededor de Iván Darío ha crecido y adquirido la experiencia suficiente para volar por sus propios medios.

A Iván Darío nada lo detiene. Dice su familia que de niño desarrolló una fortaleza personal basada en el esfuerzo para superar el asma. Además, cuentan que era rebelde, altanero y malgeniado, pero muy inteligente, poseedor de una gran iniciativa, siempre listo para lo que le propusieran que significara conocer cosas nuevas. De esta manera se interesó por poblaciones indígenas cuando con su familia pasaba las vacaciones en Bahía Solano. Sus compañeros reconocen en él generosidad con los colegas, con la familia, con los estudiantes, con los pacientes. Admiran su inteligencia, perspicacia y perseverancia para enfrentar retos a pesar de las dificultades, así como su capacidad para crear nuevos modelos de hacer ciencia. Sus estudiantes dicen que habla rápido y que no se le entiende lo que escribe en el tablero, pero que todos hacen un esfuerzo por tomar notas en sus clases porque lo que allí expone no está en los libros, sino que es el resultado de su propia experiencia. De palabra franca, siempre al grano, no se deja afectar por los fracasos o por las dificultades, rescata el lado positivo de cada situación por difícil o triste que sea. Cuando cuenta su propia historia describe cada obstáculo que tuvo como algo desagradable, pero no se queda en la queja, sino que sigue adelante. Cuando lo visité en su oficina de la SIU me recibió con la

misma amabilidad y calidez con la que trata a todos en el PECET. A pocos meses del retiro de Iván Darío Vélez, este es el reporte de su vida enmarcada en un propósito claro y al mismo tiempo una revisión de los caminos que recorrió, los aprendizajes que logró y las vidas que marcó con su labor.

**Haber logrado mantenerse por tantos años en un objeto de estudio que presenta dificultades es ya un logro sobresaliente. Cuéntenos cómo empezó toda esta historia**

Siempre he tenido claro que el estudio lo pone a uno en un lugar de privilegio, y que de uno depende la manera como administre ese privilegio. Cuando estaba



Iván Darío Vélez atendiendo indígenas Ticunas del Amazonas 1998.  
Foto cortesía del investigador.

en bachillerato monté una escuela en La Iguañá para alfabetizar. Eran 60 o 70 niños muy necios, pero yo sentía una satisfacción personal porque estaba haciendo cosas que servían. Durante el pregrado tuve un interés inicial por la hepatitis B en comunidades indígenas; me gustaba estar en ambientes de grupo de estudio con sus clubes de revista. Íbamos con frecuencia a Bahía Solano, pedíamos medicamentos antimaláricos y se los llevábamos a los emberá. En esa época tuve paludismo y estuve hospitalizado dos semanas, pero esto no me quitó el gusto por seguir trabajando. En la Universidad, como estudiante de medicina, fui auxiliar de cátedra y empecé con la docencia, pero no era solamente dictar clase, sino hacer cartillas, resolver preguntas, sacábamos las guías en mimeógrafo. Cuando terminé medicina estuve vinculado a un proyecto grande en dengue, financiado por el Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos, pero ese proyecto dejó de tener fondos, entonces regresé a Colombia y pedí hacer el año rural en Necoclí para poder investigar con la comunidad.

### **¿Un médico rural haciendo investigación?**

Así fue. No era común, pero lo quise hacer de esa manera. En Necoclí había un foco de malaria, lo que me dio la oportunidad de profundizar en las condiciones de las comunidades frente a la enfermedad. Al mismo tiempo viajaba en autostop

por Suramérica, porque eran esas ganas de ver mundo. Luego, en 1982 fui nombrado docente de la Universidad, y seguí como antes, con un gran interés en resolver preguntas y con un trabajo que me acercara a la comunidad más necesitada en relación con alguna enfermedad.

### **Todo investigador guarda en su memoria ese primer proyecto, el que le abre las puertas al ejercicio de hacerse preguntas y responderlas mediante la experimentación. ¿Cuál fue ese primer proyecto?**

A principios de los años ochenta llegó a Colombia, desde Montpellier, el profesor Jean Antoine Rioux que no sabía una palabra de español, y me pidieron que hablara con él, porque yo hablaba un poco de francés. De esa manera inició una relación que perduró en el tiempo y que me orientó hacia el trabajo con la leishmaniasis, enfermedad en la cual era experto el profesor Rioux. En 1983 se presentó un brote epidémico de leishmaniasis cutánea en Montebello, Antioquia. El doctor Esteban Echavarría, internista muy bueno, se enteró de que yo había estado con Rioux, y aunque sabíamos que no había medicamentos, tomábamos muestras y aislábamos parásitos. Conseguí medios de cultivo, glucantime y empecé a escribir un protocolo para el estudio de la enfermedad, pero sin mucho conocimiento de escribir proyectos, labor que era difícil porque no había computadores y debíamos hacerle fila a una secretaria que era la única que tenía máquina de escribir. Tuve muchas dificultades en estas primeras etapas, pero el doctor Federico Díaz, primer director de la revista *Iatreia*, me animó para continuar y me dijo que yo era capaz. Luego, en 1987, el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá nos aprobó 110 000 dólares, que era mucho dinero, para hacer la determinación del riesgo epidemiológico de leishmaniasis en Montebello; ya había pasado la epidemia, pero era para seguir estudiando.

### **Luego de concluir el primer proyecto, el reto de los investigadores es mantenerse y crecer. ¿Cómo fue esta experiencia en una Universidad que aún no contaba con un sistema de investigación y donde la docencia era casi la única realidad?**

Después de haber conseguido resultados en el proyecto de Montebello, y gracias a la financiación y los recursos obtenidos de Canadá, empezamos a crecer el grupo, de Francia nos regalaron equipos, y como no cabíamos en la facultad nos pasamos a una casita en el primer piso de lo que hoy es la SIU. Hicimos un convenio con Francia, tuvimos colaboración internacional, y empezamos a mostrar resultados en congresos. Fui a la Guyana francesa a un congreso de la Asociación Francesa de Parasito-



Gracias al control biológico con *Wolbachia*, liderado por el profesor Iván Darío Vélez, puede decirse que el dengue en Medellín e Itagüí está controlado. Foto: Dirección de Comunicaciones.

logía. Más adelante me nombraron experto de la OMS, lo que facilitó la generación de más proyectos. En toda esa etapa estábamos orientados a la ecoepidemiología, los vectores, los reservorios, la clínica, la historia natural de la enfermedad, la medicina tradicional. Desde el principio fue claro que el grupo debía ser multidisciplinario, y así fuimos conformando un grupo humano capacitado para enfrentar los retos.

### **Algunas de las enfermedades tropicales, en particular la leishmaniasis, se conocen como enfermedades *neglected*, olvidadas. ¿Por qué ocurre esto y cuáles son los retos de trabajar en esta clase de enfermedades?**

Se llaman olvidadas porque afectan a las poblaciones más pobres que no tienen acceso a buenos servicios de salud. Las farmacéuticas no se ocupan de elaborar medicamentos para estas enfermedades porque la gente que las sufre no puede comprarlos, por eso el reto es grande. Existe la leishmaniasis cutánea que no mata, pero es crónica y el paciente sufre mucho, sobre todo cuando se afecta la nariz. La leishmaniasis visceral, si no se trata, sí mata. Una vez se tiene un modelo de investigación y

metodología para estudiar focos de infección, cambiar de microorganismo es relativamente fácil. Es lo que nos ha permitido enfrentar la leishmaniasis, el dengue, el Chikungunya, la fiebre amarilla. Hemos emprendido una gran labor de búsqueda de medicamentos a partir de los productos naturales, familias de compuestos obtenidos por síntesis química, pero también de la bioinformática que ha facilitado el estudio de miles de moléculas contra varios blancos moleculares, indispensables al parásito para sobrevivir, como también el estudio de nuevos usos para medicamentos ya disponibles comercialmente. Hay desarrollos que se nos van ocurriendo en el camino, durante la evaluación de pacien-

tes, como repelentes, insecticidas y medicamentos. Así es como salen las ideas. Por ejemplo, desarrollamos una pintura que contiene un piretroide insecticida; se trata de aplicar la pintura en las casas para controlar el mosquito. Esto es importante porque el mosquito del dengue está dentro de las casas, a diferencia del de la malaria que está en el campo. La pintura está en proceso de comercialización. También hemos desarrollado un gel para termoterapia, y en una trampa acústica para mosquitos. Se trata de evaluar todas las ópticas posibles de control de estas enfermedades.

**Sabemos que, en Colombia, y también en otros países, las enfermedades tropicales se presentan en zonas de conflicto armado. ¿Cómo ha sido la experiencia de cuidarse en medio de situaciones complejas como esta?**

Ha habido muchas experiencias aquí en Colombia, algunas muy dolorosas. Nos mataron un biólogo, estudiante de maestría, Edison Correa, en La Hormiga, Putumayo, el 13 de septiembre de 1998. Aprendimos que cuando nos acercamos a una zona en conflicto debemos llegar explicando quiénes somos, de dónde venimos y qué vamos a hacer. Hay que estar pendientes de



En 1982 fue nombrado docente de la Universidad, pero su interés por resolver preguntas no se detuvo y continuó su trabajo con comunidades vulnerables a enfermedades como el dengue y la leishmaniasis. Foto: cortesía del investigador.

todo porque la gente tiene lenguajes cifrados que debemos reconocer y respetar. No decimos leishmaniasis, sino «pito», que es como se le conoce en las zonas rurales. No podemos hablar de «trampas», sino decir que estamos buscando los mosquitos que transmiten la enfermedad. Una vez en Saiza, Córdoba, regresábamos en la noche después de un día de trabajo y nos encontramos con soldados que nos dijeron: «apaguen las linternas» y nos apuntaron con armas. Afortunadamente preguntaron qué hacíamos y explicamos lo de siempre, que íbamos de la Universidad de Antioquia y del centro de salud, y que estábamos estudiando el pito. Eran unos soldados jóvenes, casi tan nerviosos como nosotros mismos. Pensaron que tal vez estábamos planeando un atentado. Pero no podemos dejar de trabajar por estas cosas, la leishmaniasis es una realidad en las zonas de conflicto armado. A principios de este siglo la enfermedad se disparó debido al conflicto armado y a los desplazamientos forzosos. En el año 2004 el ministro de defensa declaró que había más hombres fuera de combate por la leishmaniasis que por la guerra.

**¿Y la experiencia de moverse en zonas difíciles en otros países?**

Todo un aprendizaje. La primera vez que fui a Marruecos me dijeron: «los colombianos votaron en contra nuestra en las Naciones Unidas», y yo no tenía idea de lo que me hablaban. Resulta que hubo una votación en la ONU para condenar el Frente Polisario de Argelia en contra de Marruecos. Solo Argelia y Colombia votaron en contra de Marruecos. A mí me tocó explicar que éramos investigadores estudiando una enfermedad que ha-

bía en su territorio. Allí mismo, en Marruecos, me tocó asistir a una celebración de aniversario del rey, y conversando con el comandante del Ejército me preguntó qué hacíamos la noche anterior, y le dije que estábamos buscando mosquitos para una investigación sobre leishmaniasis, y contestó: «sepa que les estuvimos apuntando todo el tiempo con ametralladoras porque creíamos que eran del Frente Polisario, pero los vimos muy tranquilos y por eso no disparamos». Por todo esto nos tocó hacer cursos de seguridad para aprender a movernos en zonas tan desconocidas para nosotros.

**Los resultados de la investigación son publicados por los científicos mediante textos que solo entienden sus pares académicos. ¿Cómo ha logrado diseñar propuestas que lleven a una verdadera apropiación social del conocimiento?**

Tenemos bastante trabajo en esto porque contamos con un equipo social muy bueno, antropólogos, comunicadores, sociólogos, hasta artistas. Se ha diseñado una estrategia de comunicación y participación comunitaria en la que la clave es la socialización de las actividades mediante un lenguaje

que entienda la comunidad y con un discurso que deje claros los beneficios que se obtendrán al saber más acerca de las enfermedades que sufre determinada comunidad. Hemos hecho cartillas, folletos, videos, representaciones teatrales, y todo esto ha conducido a que se nos entienda allí donde vamos, y también les ha acercado a las comunidades el conocimiento de las formas de control y tratamiento de las enfermedades que estudiamos.

**¿Cómo ha sido la experiencia de llegar a comunidades pobres, a veces analfabetas, a explicar algo tan complejo como es la realidad de las enfermedades tropicales y lograr que los entiendan y sigan sus recomendaciones?**

Con un lenguaje apropiado, el de ellos. Para el trabajo con comunidades indígenas que no hablan español, hemos hecho obras de teatro en las que representamos el mosquito, el virus, la enfermedad. Ha sido necesario para que nos entiendan las recomendaciones de cuidado. Y en todos los casos debemos enterarnos de la terminología que ellos usan para ajustar nuestro lenguaje al propio de la región.

**Pero el lenguaje interdisciplinario también hay que trabajarlo**

Claro que sí. Pienso que lo interdisciplinario no es que el antropólogo se vuelva médico. Alguna vez yo estaba en una reunión con el ingeniero Germán Poveda, él hablaba del fenómeno de El Niño y yo de malaria. Entonces empecé a hablar del vector de la enfermedad y él me interrumpió y me dijo que un vector es una línea que tiene dirección y sentido, el vector de la física, entonces le expliqué lo que es un vector en medicina: un agente que porta y transmite un patógeno para infectar a un organismo vivo. Por eso es tan importante tener acuerdos de lenguaje y de terminología propios de las disciplinas. Es como construir un diccionario.

**Gracias a una iniciativa suya se hicieron reconstrucciones faciales a pacientes con leishmaniasis cutánea de nariz. ¿Cómo fue esta experiencia?**

La nariz es la parte del rostro que da la personalidad y por ello es traumático para alguien perderla. Ha sido muy satisfactorio lograr cambiar la vida de personas cuyas narices habían desaparecido prácticamente por



Luego de 36 años de experiencia profesional y científica, Iván Darío Vélez afirma que se siente satisfecho por haber desarrollado un ambicioso programa de investigación en enfermedades tropicales. Foto cortesía del investigador.

la leishmaniasis cutánea. Con mi hermano Federico, cirujano plástico, nos dimos a la tarea de facilitar la reconstrucción nasal de varios pacientes. Recuerdo con cariño a un paciente de Barbacoas, Nariño, a quien trajimos a Medellín. Había perdido la nariz debido a la leishmaniasis cutánea. Yo lo llevaba y lo traía en mi carro y él era muy callado, con el rostro cubierto con una gorra. Pero cuando se logró la reconstrucción, fue como si hubiera despertado, se volvió muy hablador y sonriente. Se ponía feliz gritando «¡el tren!, ¡el tren!», cuando veía el Metro, y hasta coqueteaba con las muchachas. El caso lo presentamos en un congreso y también fue publicado. Estas cosas son las que le justifican a uno los sacrificios y las penalidades que a veces aparecen en esta labor.

## ¿Cuál ha sido su mayor orgullo científico?

Es haber logrado resultados con *Wolbachia* en la lucha contra el dengue. En 2013 el director de relaciones internacionales de la Universidad viajó a Australia con un informe sobre nuestro trabajo en el PECET, y regresó con información del doctor Scott O'Neill de la Universidad de Monash, quien quería conocerme. Entonces él vino a Colombia, nos reunimos y me mostró la propuesta del World Mosquito Program para hacer control biológico con *Wolbachia*, una bacteria con la que se infecta al mosquito *Aedes aegypti*, reduciéndole la vida media, con lo cual se disminuye la incidencia de dengue. Esta propuesta me fascinó y me puse a estudiar. En experiencias como esta se da cuenta uno de la importancia de las ciencias básicas, que permiten avanzar desde el conocimiento básico hasta una aplicación útil. Cuando los mosquitos infectados con *Wolbachia* son alimentados con sangre de un paciente con dengue, el virus no se reproduce. En el Valle de Aburrá se ha trabajado intensamente en la liberación de mosquitos con *Wolbachia*, dividiendo el territorio en cuadrículas de 50 por 50 metros. En cada cuadrado se liberan mosquitos cada 15 días desde una cápsula, y este proceso se repite de 12 a 15 veces. Hemos desarrollado pilotos en Bello, Medellín, Itagüí y Sabaneta. Este procedimiento es importante porque hay más dengue que otras enfermedades, se diagnostican anualmente más de 60 000 casos, enfrentados hasta hace poco solo



Lograr la equidad en salud es la causa que ha movido a Iván Darío Vélez durante años. Con esto en mente, ha dedicado su vida a la investigación y a la formación de nuevas generaciones de científicos que hoy siguen sus pasos y afirman que este investigador ha cambiado sus vidas.

Foto: cortesía del investigador.

con insecticidas. Gracias al control biológico con *Wolbachia* puede decirse que el dengue en Medellín e Itagüí está controlado.

### ¿Cuál ha sido la experiencia con el covid?

Asumimos el covid como un reto, lo que hemos hecho es evaluar vacunas. El PECET ha sido uno de los encargados en Colombia de realizar la fase tres de las pruebas clínicas de las vacunas Janssen en 2020

y Wantai en 2022. Esta última es una vacuna en aerosol que se aplica nasalmente y que promete efectividad, puesto que mientras las vacunas musculares protegen contra las complicaciones de la infección, esta vacuna, al ser administrada directamente en la mucosa nasal, estimula la inmunidad de las vías respiratorias que es por donde entra el virus.

### ¿Desarrollar una vida profesional exitosa conlleva sacrificios personales?

Claro que sí, ha habido un gran costo personal. La familia ha sido la más afectada, el matrimonio, en especial los hijos que pasaron mucho tiempo solos, asumiendo a un papá viajero. Tengo tres hijos, Valeria que es diseñadora, Lucrecia que es administradora en gerencia de proyectos y Juan que está estudiando. En una ocasión iba para una salida de campo y encontré una nota de mi hijo en la que decía: «por qué será que mi papá tiene que viajar tanto». Es esa pasión por el trabajo que deja gente afectada. Sin em-



bargo, cuando estaban pequeños me ocupaba mucho de ellos porque era yo quien se levantaba en las noches cuando lloraban, les daba tetero y los hacía dormir, y en medio de todas mis ocupaciones sigo muy pendiente de sus vidas. Ahora, mirando atrás, pienso que si pongo en la balanza el trabajo versus la familia, y tuviera otra oportunidad, tal vez haría algunas cosas de manera diferente, pero ahora debo asumir lo que pasó.

### ¿Qué le faltó por hacer?

En lo profesional creo que hice lo que estuvo en mis manos. Fue una vida de luchas, y siento que el trayecto podría haber sido más fácil, pero lo asumí como ocurrió. Hice un programa de trabajo muy ambicioso, me siento satisfecho por los logros obtenidos y trato de no quejarme por los obstáculos que se me atravesaron en el camino, porque de todo se aprende.

### ¿A qué se va a dedicar cuando se retire?

Quiero continuar con un sembrado de aguacates Hass que tengo en Fredonia, pero también quiero irme a Europa, estudiar cosas interesantes como la historia de los pueblos, quiero aprender portugués, vivir en el Mediterráneo.

Equidad en salud es la gran meta de Iván Darío, toda su vida trabajó para que todos tengan acceso a similares condiciones de higiene y sanidad, y que esto no sea privilegio de pocos. Su causa es ayudar a quienes sufren enfermedades olvidadas en Colombia. Vive absolutamente agradecido con la Universidad de Antioquia porque se considera un mimado de la institución. Desarrolló un modelo de investigación que articula la ecoepidemiología, la inmunología, la biología molecular, la entomología médica y la experimentación clínica, reuniendo investigadores de cada disciplina y manteniéndolos unidos para el logro de propósitos. Lo que ha conseguido Iván Darío Vélez Bernal en casi cuatro décadas de trabajo incansable es el resultado de ese estilo de vida en el que ser fiel a su sueño de mejorar las condiciones de vida de las personas con base en lo que sabe, desarrollando investigación, formando a las nuevas generaciones, no es una profesión, sino como él mismo lo reconoce, un privilegio, un aporte a los demás, igual que lo hizo Luciano. Durante la celebración de los 25 años del PECET, Lina María Carrillo, investigadora del grupo, hizo un emotivo reconocimiento a Iván Darío, en el que agradece con estas palabras: *Gracias por no darse por vencido en tiempos difíciles, gracias por persistir tercamente en el trabajo en enfermedades que a pocos le importan. Gracias por amar este trópico que se tatuó en el corazón, gracias por 25 años de investigación para la vida, entregados a esta familia que llamamos PECET. Gracias profe, por cambiar nuestras vidas.* X

# Viejas amigas que llegaron para quedarse

**Ricardo Aristizábal Sierra**

Ingeniero Metalúrgico, magíster en Ingeniería, doctor en Ingeniería de Materiales  
Profesor Titular Departamento de Ingeniería de Materiales

**Ximena Ospina Arrubla**

Estudiante de Ingeniería de Materiales, joven investigadora  
Grupo de Investigaciones Pirometalúrgicas y de Materiales —Gipimme—  
Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia



Imágenes del proceso de fabricación de una aleación férrea en el Laboratorio de Fundición de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia (Grupo de investigaciones Gipimme).



Todos hemos escuchado la palabra *hierro* y tenemos una idea de qué es. Nuestras definiciones dependen del contexto, la formación académica o la edad. Por ejemplo, para algunos el hierro es un mineral, para otros es un nutriente esencial, para Lucio, de 4 años, el hierro es frío y se puede cortar con fuego... Nosotros, investigadores del Grupo de Investigaciones Pirometalúrgicas y de Materiales —Gipimme—, estudiamos el hierro por su importancia como material estructural y sus múltiples aplicaciones. Aquí te explicaremos lo que hacemos.

# E

l hierro es un elemento químico que se utiliza para la producción y fabricación de diferentes componentes en una gran variedad de aplicaciones, en especial aquellas de carácter estructural, es decir, donde los componentes están sometidos a algún esfuerzo, o en otras palabras cargan (o pueden cargar durante su funcionamiento) un peso, como por ejemplo las vigas y columnas de un puente o edificio.

El uso del hierro se remonta miles de años atrás. Su descubrimiento marcó un hito tan importante que los historiadores llaman a este periodo la Edad del Hierro (aproximadamente entre 750 a. C.-100 a. C.) por el avance tecnológico que representó su uso y su influencia en el desarrollo de la civilización humana. En la actualidad, el hierro se utiliza, entre otras aplicaciones, como la base para la fabricación de varios tipos de materiales, el más destacado de ellos es el acero, que ha sido el material estructural más importante para la humanidad desde que en 1856 sir Henry Bessemer ideó una manera de producirlo con buena calidad en cantidades suficientes. A pesar de que el acero es el material a base de hierro más conocido y utilizado, no es el único; existe también otra familia de materiales estructurales de gran importancia fabricados con hierro llamados hierros fundidos, o simplemente fundiciones, las cuales se parecen más, en algunos aspectos, a los primeros hierros que utilizó la humanidad. Al conjunto de los aceros y las fundiciones se les conoce comúnmente como aleaciones férreas (o ferrosas).

Pero ¿qué es lo que hace a las aleaciones férreas tan atractivas como materiales estructurales? La respuesta simple es su versatilidad, dado que proporcionan un rango bastante amplio de reacción a la aplicación de esfuerzos, existiendo aquellas que son muy resistentes a la aplicación de cargas, es decir, que necesitan esfuerzos muy altos para



El hierro no solo es un material estructural esencial, sino también una fuente de inspiración que ha impulsado el desarrollo de la civilización humana a lo largo de miles de años. Foto: Dirección de comunicaciones.

fallar, hasta aquellas que con esfuerzos (cargas) bajos se deforman fácilmente. Un ejemplo del primero puede ser la cadena de una grúa o los dientes de una retroexcavadora, mientras que la carrocería de un auto podría ser un ejemplo de lo segundo. Esta versatilidad no ha sido equiparada por ningún otro material desarrollado hasta ahora por la humanidad a un costo económicamente viable para su aplicación masiva.

Los primeros humanos que utilizaron el hierro vieron estas características como algo divino o mágico. Las primeras piezas de hierro se fabricaron con material sacado de meteoritos, es decir, material que literalmente cayó del cielo, por lo cual no era descabellada esta idea. Hoy en día tenemos otras explicaciones; sabemos, por ejemplo, que las propiedades de un material dependen de su estructura a diferentes niveles, desde el muy pequeño en la escala de los ángstrom, relacionado con el ordenamiento atómico de los materiales, hasta el muy grande en la escala de milímetros, o mayor, relacionado, por ejemplo, con la presencia de defectos como poros o grietas. Este conocimiento nos permite no solo comprender mejor la naturaleza de las aleaciones férreas —y de muchos otros materiales—, sino manipularlas para que tengan ciertas características de acuerdo con el uso que se les quiera dar.

En la Antigüedad también se manipulaban las propiedades del hierro, aunque de manera empírica, es decir, se sabía que ciertos procesos generaban cambios en su comportamiento o propiedades, pero se desconocía el origen de estos cambios. Un ejemplo podría ser el endurecimiento durante la forja antigua con carbón, cuyo principio conocemos ahora y se explica por la disolución durante el proceso de átomos de carbono en el material, fenómeno conocido actualmente como endurecimiento por

solución sólida. También, desde la Antigüedad se sabe que si el hierro calentado al rojo vivo se enfría rápidamente se hace más duro y fuerte, lo cual se explica hoy mediante, entre otras cosas, el cambio en el ordenamiento de los átomos de la red cristalina que genera el enfriamiento rápido desde una temperatura alta, proceso conocido actualmente como temple.

Estas antiguas estrategias se siguen utilizando todavía, aunque de manera mucho más sofisticada. Las propiedades de las aleaciones férreas se mejoran mediante la adición de otros elementos químicos en el material, que incluyen no solo al carbono, sino muchos otros como el cromo, para mejorar la resistencia a la oxidación, el manganeso para endurecer el material, el vanadio y el niobio para controlar la estructura a escala micrométrica, el tungsteno para mantener la resistencia a temperaturas altas, entre otros. También se usan los tratamientos térmicos —el más antiguo de ellos es el temple, que ya se mencionó— que consisten en una serie ordenada de calentamientos y enfriamientos controlados que se le realizan al material para cambiar sus propiedades.

En el grupo Gipimme se han venido desarrollando diferentes proyectos durante los últimos años para mejorar las propiedades de las aleaciones férreas. Para este propósito se ha utilizado un tipo especial de tratamiento tér-





mico conocido como tratamiento isotérmico de baja temperatura o austemperado, que consiste en calentar el material al rojo vivo (entre 800 y 900 °C) y luego enfriarlo rápidamente a temperaturas entre 250 y 300 °C y dejarlo allí durante un tiempo que puede variar desde una hasta ocho horas. Al aplicar este tratamiento térmico el material se hace mucho más fuerte y duro, sin sacrificar otras propiedades que se ven a veces afectadas por el temple tradicional, como lo es la tenacidad, es decir, la capacidad que tiene el material para resistir la propagación de grietas. Esto sucede porque la estructura del material cambia en un rango que puede ir desde las micras hasta los nanómetros, lo que significa que la estructura del material se hace más fina, permitiendo aumentar su desempeño.

En Gipimme hemos aplicado el tratamiento isotérmico a diferentes fundiciones y aceros con altas concentraciones de silicio (aproximadamente 2 %). Para este propósito, el grupo de investigación fabrica sus propios materiales en el Laboratorio de Fundición de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, en donde puede controlar de manera precisa la composición química de las aleaciones que quiere evaluar. Luego de fabricadas las aleaciones, se realizan estudios teóricos y experimentales para determinar las condiciones de tratamiento térmico más adecuadas para desarrollar las estructuras de-



seadas a diferentes escalas, desde la micrométrica hasta la nanométrica. Finalmente, se caracterizan estas estructuras y se determinan las propiedades mecánicas de los materiales desarrollados.

Los materiales estudiados en el grupo incluyen hierros grises austemperados, hierros nodulares austemperados, aceros carboaustemperados y aceros nanobainíticos para la fabricación de piezas fundidas. En todos los casos se han logrado mejoras significativas en la resistencia mecánica, dureza y resistencia al desgaste de los materiales desarrollados. Estos resultados hacen pensar en posibles aplicaciones para diferentes industrias, como, por ejemplo, la agrícola, la minera y la del transporte, en donde se requieren cada vez materiales de mejor desempeño a costos razonables. El propósito del grupo de investigación es continuar explorando esta línea de estudio, contribuyendo a la mejora de nuestras viejas amigas, las aleaciones férricas, que llegaron hace miles de años para quedarse con nosotros. **X**

## Glosario

**Ángstrom:** Diezmilmillonésima parte de un metro.

**Micra:** Millonésima parte de un metro.

**Nanómetro:** Milmillonésima parte de un metro.

Los autores quieren expresar su agradecimiento al CODI de la Universidad de Antioquia por la financiación del proyecto PRG2017-16229, titulado «Desarrollo de hierros nodulares nanoestructurados de alta resistencia mecánica y alta resistencia al desgaste».



# Mariguana

## Eliminando barreras para el tratamiento del dolor

—  
¿La marihuana es lo mismo que el cannabis? ¿La marihuana es medicinal o es adictiva? ¿Si es medicinal, qué es lo que cura? ¿Se puede usar cualquier parte de la planta? ¿Por qué está prohibida si se usa desde la Antigüedad? ¿Me la puedo untar para un dolor?

**Dora María Benjumea Gutiérrez**

dora.benjumea@udea.edu.co  
Profesora de la Facultad de Ciencias  
Farmacéuticas y Alimentarias

**Yoreny Román Vargas**

Investigadora del Grupo Toxinología,  
Alternativas Terapéuticas y Alimentarias  
de la Universidad de Antioquia

**Lucas Blandón**

Grupo Interdisciplinario de Estudios  
Moleculares, Facultad de Ciencias Exactas y  
Naturales, Universidad de Antioquia

**Julián David Porras Arguello**

**León Darío Pérez**

Grupo de Investigación en Macromoléculas  
de la Universidad Nacional de Colombia



# E

n los últimos años, el uso del *cannabis* con propósitos medicinales ha despertado el interés no solo de médicos e investigadores, sino también de la comunidad, que se hace preguntas acerca de la efectividad y la seguridad de esta planta que hasta hace poco era considerada por la Organización de Naciones Unidas —ONU— como narcótica. Afortunadamente, en el año 2020 la ONU reconoció su potencial medicinal y la eliminó de un listado donde se encuentran sustancias altamente adictivas como los opioides. A su vez, su uso no médico (mal llamado «recreativo») sigue siendo considerado ilegal por esta entidad debido a los altos contenidos de uno de sus componentes llamado tetrahidrocannabinol —THC—, el cual es altamente adictivo.

Este importante hecho de reclasificación del *cannabis* promovió en muchos países del mundo tanto el uso medicinal como en investigación. En Colombia, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación —Minciencias— ha asignado recursos para financiar proyectos de investigación en torno al *cannabis* medicinal e industrial. Nuestro grupo de investigación Toxinología, Alternativas Terapéuticas y Alimentarias ha sido beneficiado con dichos recursos para desarrollar una formulación a base de *cannabis* que mejore el efecto analgésico que esta planta ha promulgado desde la Antigüedad.

En la actualidad, estamos investigando para demostrar que los extractos de *cannabis*, uno de ellos con alto contenido de cannabidiol —CBD— y otro con cierto contenido en tetrahidrocannabinol —THC—, pueden producir un mayor efecto analgésico cuando son encapsulados en formulaciones que los protejan de la degradación que sufren en el proceso de metabolismo.

## Estudiamos el dolor crónico

Los mamíferos tenemos diferentes tipos de fibras nerviosas que envían señales sensitivas desde la periferia, que conectan los órganos con la médula espinal y el cerebro. Todo este sistema se conoce como sistema nervioso (central y periférico); allí se encuentran distintos sitios que reciben esas señales (receptores) y son los que transmiten el dolor.

Pero ¿el dolor es bueno o es malo? El dolor es una forma de defensa ante un posible daño en nuestro cuerpo; si no sintiéramos dolor no reaccionaríamos ante el fuego, un objeto cortopunzante o un impacto y podríamos sufrir mucho e incluso morir.

Sin embargo, el dolor está asociado a muchas enfermedades como la artritis, el cáncer, la esclerosis múltiple, entre otras, que lo con-

**El tratamiento del dolor incluye el trabajo conjunto de diferentes profesionales del área de la salud como fisioterapeutas, ortopedistas, anestesiólogos, farmacólogos y hasta psiquiatras. Todo esto significa un alto costo en salud para los países.**





El cannabis es considerada una opción promisoría para el manejo de dolores crónicos, por sus propiedades analgésicas y antiinflamatorias.  
Foto: Erin Stone en Pixabay.com



Actualmente, el grupo de investigación intenta demostrar que algunos extractos del *cannabis* pueden producir mayor efecto analgésico cuando se encapsulan en formulaciones que los protegen de la degradación que se da en el proceso de metabolismo.  
Foto: de Jess Loiterton en Pexels.com

vierten en un protagonista importante que requiere atención. Tanto así, que una de las causas de mayor consulta médica en el mundo es el dolor crónico. Además de su alta prevalencia tiene un gran impacto individual, familiar, social y económico.

Los medicamentos que existen en la actualidad no son lo suficientemente efectivos para mejorar este problema de salud. Sabemos que, hasta el momento, los analgésicos más potentes son los opioides, pero presentan efectos adversos graves como la tolerancia y dependencia (que causa adicción), entre otros. Aunque hay distintos tipos de analgésicos con modos de acción diferentes, los opioides se consideran los más potentes. Esto justifica que muchos investigadores estemos buscando nuevas estrategias para el manejo del dolor, principalmente de tipo crónico.

Con este escenario, el *cannabis* se convierte en una opción, pues esta planta ha sido empleada desde la Antigüedad como analgésica y antiinflamatoria, entre otros usos. Este uso tradicional le da un valor

incalculable, ya que rescata un valioso conocimiento de las comunidades y lo incorpora a la medicina moderna, pues algunos de los medicamentos que usamos hoy en día han sido desarrollados con base en la medicina tradicional. Hasta el momento, el *cannabis* ha mostrado un alivio moderado para el dolor, principalmente de tipo crónico; por esta razón, en nuestro proyecto se plantea el uso de una formulación que promueva un mayor efecto analgésico.

### **¿Cómo estudiamos la actividad analgésica de los extractos encapsulados en formulaciones?**

Para realizar este estudio hemos conformado un equipo de trabajo multidisciplinario compuesto por tres grupos de investigación. El Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares —GIEM— de la UdeA se ha especializado en la preparación de los extractos de *cannabis* de una forma estandarizada, para que contengan las características y las cantidades requeridas, ya que para la fabricación de medicamentos a base de *cannabis* se requieren extractos de alta calidad, y de esta manera evitar que se presenten problemas de salud en las personas que los consumen.

Por otra parte, el Grupo Toxinología, Alternativas Terapéuticas y Alimentarias de la UdeA realiza los estudios farmacológicos de

analgesia en tres modelos de dolor mediante estímulos térmicos, químicos y mecánicos. Estos modelos simulan las diferentes formas en que los seres humanos percibimos las sensaciones dolorosas; por ejemplo, cuando nos quemamos, cuando sentimos un dolor visceral o cuando nos aprietan fuerte.

También, el Grupo de Investigación en Macromoléculas de la Universidad Nacional de Colombia se ha encargado de preparar varias formulaciones farmacéuticas con contenidos de CBD y THC.

### ¿Qué avances hemos tenido en este proyecto de investigación?

Anteriormente habíamos comentado que el efecto analgésico de los cannabinoides era muy bajo; esto

se debe al proceso de metabolismo de nuestro cuerpo. ¿En qué consiste dicho proceso? Antes de explicarlo hay que tener claro dos premisas: 1) la gran mayoría de los medicamentos deben llegar a la sangre para que ocurra un efecto terapéutico y 2) cuando un medicamento es administrado por vía oral (no directamente a la sangre) su principio activo, es decir la sustancia o molécula, se debe liberar de su forma farmacéutica (tableta, cápsula, etc.), luego se debe absorber en nuestro intestino, previo paso por el estómago, y, finalmente, se debe eliminar de nuestro cuerpo realizando procesos de metabolismo hepático y excreción renal. Mientras ocurren estos procesos, la cantidad de fármaco administrada se va disminuyendo, lo que causa que el efecto también baje.

Por esta razón, se busca encapsularlos, es decir, meterlos dentro de unas formulaciones nanoestructuradas (de tamaños muy pequeños) para que puedan llegar en mayor cantidad a la sangre.

Hasta el momento se han sintetizado tres tipos de materiales poliméricos en los cuales se encapsularon los extractos de *cannabis*, unos ricos en CBD y otros con mayor cantidad de THC. Estas formulaciones nanoestructuradas fueron inicialmente sometidas a ensayos de toxicidad, con el fin de verificar que no vayan a causar efectos tóxicos. Posteriormente, se realizaron los ensayos de analgesia en los tres modelos de dolor mostrando que los efectos de los extractos encapsulados ricos en CBD eran mayores que los efectos de los extractos sin encapsular, en los modelos de dolor de tipo químico y térmico. Sin embargo, en el mo-



En 2020 la ONU reconoció el potencial medicinal del cannabis y la eliminó del listado de sustancias altamente adictivas. Foto: Auto Records en Pexels.com



Esta investigación ha contado con un equipo multidisciplinario que se ha encargado de preparar los extractos del cannabis de una forma estandarizada, realizar los estudios de analgesia y preparar las formulaciones necesarias con contenidos CBD y THC.  
Foto: Aphiwat Chuangchoem en Pexels.com

delo de dolor de tipo mecánico no se mostraron efectos analgésicos significativos; en este sentido, se plantea aumentar un poco más la dosis verificando que no cause efectos adversos. Por su parte, también encontramos que las formulaciones de los extractos con mayor cantidad de THC mostraron mayores efectos tóxicos, razón por la cual se decidió no continuar investigando esta formulación.

## ¿Cómo resolver las preguntas sobre el cannabis medicinal?

Una labor muy importante que debemos realizar los investigadores es compartir y enseñar a la sociedad los conocimientos adquiridos mediante la divulgación científica, usando un lenguaje claro y comprensible. Pensando en esto, y con la financiación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, desarrollamos una iniciativa de apropiación social del conocimiento sobre el *cannabis* medicinal, que incluyó diferentes actividades como charlas a la comunidad, videos informativos, cápsulas sonoras, infografías y un libro (que se puede visualizar en el siguiente enlace: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/27292>); todas enfocadas a responder a muchas de las preguntas que se está haciendo la población con respecto al *cannabis* medicinal.

Gracias a esto, muchas personas que participaron de estas actividades comprendieron que la

palabra marihuana es el nombre común (o vulgar) de la especie vegetal *Cannabis sativa*, que ha sido usada desde tiempos remotos para muchas dolencias, pero, por su capacidad de generar adicción, su uso fue prohibido; también aprendieron que en los tricomas de las flores femeninas de la planta es donde se encuentran la mayor parte de los fitocannabinoides de interés medicinal, que la marihuana contiene un componente adictivo llamado THC y que otros fitocannabinoides ya cuentan con aprobación para uso medicinal en ciertos tipos de enfermedades, para lo que se requiere una receta médica.

Como conclusión, nuestra investigación logró desarrollar una formulación que contenía cannabidiol y que mejoró el dolor en los modelos de ensayo. Además, las formulaciones que tenían tetrahidrocannabinol presentaron efectos adversos que lo hacen no apto para el uso humano. X

### Glosario

**Dependencia:** Que produce la necesidad de consumir una sustancia de manera repetida y sin control (adicción).

**Formulación:** Es una forma farmacéutica que contiene, además de la sustancia que genera el efecto terapéutico, diferentes sustancias que le brindan estabilidad ante el medioambiente, un mejor sabor y una menor degradación por reacciones en nuestro propio cuerpo. Por ejemplo, en nuestro caso, cuando el cannabidiol ingresa por vía oral a nuestro organismo ocurren ciertas reacciones en el hígado que producen que la cantidad de cannabidiol que entra a la sangre sea pequeña; por esta razón, usamos ingredientes que van a proteger el cannabidiol de dicha degradación con el fin de que llegue una mayor cantidad a la sangre.

**Tolerancia:** Es la pérdida de potencia que presentan algunos medicamentos por su uso a largo plazo (dosis repetidas).

Este artículo se desarrolló en el marco del proyecto «Evaluación de formulaciones nanoestructuradas de extractos de cannabis encapsulados en micelas poliméricas para el tratamiento del dolor crónico», financiado por Minciencias con el código 111580763013.

Este proyecto ha diseñado varios contenidos de divulgación científica que se encuentran disponibles en la página web de la Corporación para el Estudio de Patologías Tropicales: También se puede consultar a través del Serpentario de la UdeA, comunicándose al teléfono: (604)219-23-15 o al correo electrónico [serpentario@udea.edu.co](mailto:serpentario@udea.edu.co).

# Un camino culebrero:

de las toxinas y sus aplicaciones al manejo  
integral de los envenenamientos.

La trayectoria del grupo Toxinología, Alternativas  
Terapéuticas y Alimentarias.

**Juan Carlos Alarcón Pérez**

Biólogo, doctor en Biología

Investigador del Grupo Toxinología, Alternativas  
Terapéuticas y Alimentarias

Profesor de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas  
y Alimentarias, Universidad de Antioquia



---

La biodiversidad de nuestro país representa grandes retos para la comunidad científica, pues en ese amplio mundo de flora y fauna se encuentran especies que por sus toxinas o actividad terapéutica pueden afectar o beneficiar a las poblaciones que cohabitan sus ecosistemas. Investigar sobre aspectos bioquímicos y moleculares de algunos de estos venenos y los envenenamientos ocasionados por estos, así como las alternativas terapéuticas para tratar sus síntomas y la eventual aplicación de estas alternativas en otros campos del saber, ha sido el trabajo constante de un grupo de investigadores de la UdeA por más de treinta años.



Foto: cortesía del grupo.



El grupo se caracteriza por su interdisciplinariedad: químicos farmacéuticos, médicos, bacteriólogos, ingenieros de alimentos, médicos veterinarios y biólogos son algunos de los perfiles que lo integran. Foto: cortesía del grupo de investigación.

# E

n el mundo, particularmente en zonas rurales de regiones tropicales y subtropicales, se producen cada año algunos millones de accidentes por animales ponzoñosos, y buena parte de estos requieren tratamientos específicos para prevenir secuelas permanentes o la muerte. Esto, *per se*, es un problema de salud pública que se hace muy relevante al considerar que buena parte de los casos se registran en niños y trabajadores en edad productiva, poniendo en riesgo la subsistencia familiar e impactando directamente las políticas sanitarias, sociales y económicas de muchos países, dado el número de secuelas y defunciones que se pueden asociar a estos eventos.

Colombia, gracias a su abundante biodiversidad, que incluye una cantidad importante de especímenes portadores de toxinas, entre ellos serpientes, escorpiones, arañas y abejas, no es ajena a esta realidad; de hecho, las primeras causan accidentes y mordeduras con una incidencia que alcanzaría hasta los 20 casos por cada 100 000 habitantes en las zonas con mayor densidad poblacional y una mortalidad, igualmente oscilante, que podría estar cercana al 0.8 % en algunas regiones del país en las que, eventualmente, se



incrementan las mordeduras por factores como los ciclos invernales, la proliferación de economías informales en zonas de alto riesgo y el desplazamiento poblacional, por situaciones particulares de orden público.

## Motivados por el estudio de los venenos

En marzo de 1988, reconociendo esta realidad y la necesidad de contribuir al estudio de estas toxinas y los envenenamientos causados, el médico pediatra Rafael Otero Patiño gestó y puso en marcha un programa de investigación (Programa de Ofidismo en Antioquia y Chocó) que, conformado además de él, por un grupo multidisciplinario de profesores, personal de hospitales de estos departamentos y la asesoría del Instituto Clodomiro Picado de Costa Rica, inició labores con un proyecto aprobado por Colciencias y la Universidad de Antioquia, como parte de una estrategia clínica y educativa que contribuyera al conocimiento asociado a esta problemática.

Gracias a la importancia e impacto social de este proyecto, y a la sensibilización lograda en las comunidades directamente afectadas, la Universidad recibió la cesión de algunos especímenes para la investigación y destinó un espacio físico para acogerlos y mantenerlos a buen recaudo, gestándose así uno de los patrimonios de la institución: el Serpentario/Aracnidario, sitio en el que actualmente se mantienen colecciones de serpientes, escorpiones y ara-

ñas, debidamente inscritas, referenciadas y legalizadas ante el Instituto de Investigaciones y Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Desde entonces, estas instalaciones acogen animales aportados por la comunidad, además de los que son remitidos tras incautación por entidades ambientales, lo que ha facilitado las visitas guiadas por parte de comunidades pertenecientes a diferentes sectores educativos y económicos, las capacitaciones en la prevención o manejo de accidentes ocasionados por sus mordeduras,



el estudio de aspectos biológicos como reproducción, desarrollo, comportamiento, morfometría, y la extracción de una de las materias primas más importantes para el desarrollo investigativo de este y otros grupos: los venenos.

## Saberes ancestrales en el laboratorio

El conocimiento científico de los venenos, así como los estudios preclínicos-clínicos y los seguimientos farmacoterapéuticos realizados desde el inicio de actividades, permitieron, con alto sentido de responsabilidad social, la transferencia de conocimiento a personal del área de la salud y a las comunidades, quienes en contraprestación compartieron tradiciones culturales y sus alternativas en el manejo de los accidentes por estos animales ponzoñosos, y como resultado de esto, a inicios del presente siglo, el programa se dio a la tarea de articular la ciencia con el conocimiento tradicional de las plantas medicinales e incursionó en estudios para validar el uso que los curanderos les dan a algunas de las que utilizan como parte del tratamiento de las mordeduras de serpientes en Antioquia, Chocó y el Oriente antioqueño.

Con estas experiencias y la posibilidad de compartir conocimientos y resultados con investigadores de otras regiones y países se modificó la denominación por Programa de Ofidismo Escorpionismo, considerando un impacto nacional e internacional y su mayor relacionamiento con grupos de trabajo en estas temá-



Gracias a su trayectoria, el grupo ha creado un emprendimiento enfocado en desarrollar una formulación específica, eficaz y segura para el tratamiento de los envenenamientos producidos por animales ponzoñosos, fácil de conservar para que sea utilizado por centros de salud rurales. Foto: cortesía del grupo.

ticas. Como resultado de estos estudios, que no pretendían encontrar reemplazo a los antivenenos, se logró, además de preservar los saberes ancestrales, establecer un inventario de plantas que, por las actividades demostradas, podrían disminuir o retrasar algunos síntomas resultantes de estos accidentes, tales como la letalidad del veneno, los trastornos de coagulación, los edemas y las actividades proteolíticas. Se evaluaron muchas plantas, más de un centenar, con resultados significativamente importantes en cuanto a protección o reversión de síntomas por parte de algunas de ellas, generándose con este estudio etnobotánico un nuevo campo de acción para el programa, y, con ello, la creación de nuevas

líneas de investigación, la vinculación de profesionales de múltiples disciplinas, el acceso de estudiantes de pregrado y posgrado de diferentes dependencias y, finalmente, la transformación del programa en grupo de investigación y la consolidación de la actual denominación: Toxinología, Alternativas Terapéuticas y Alimentarias, un nombre en el que se reflejan los quehaceres investigativos y la interacción con los diferentes saberes y comunidades.

## **Interdisciplinariedad: la clave para la articulación con el entorno**

El grupo actualmente cuenta con químicos farmacéuticos, médicos, bacteriólogos, ingenieros de alimentos, médicos veterinarios y biólogos, la mayoría de ellos con formación de posgrado (doctorados, maestría y especializaciones), que además de socializar resultados y conocimiento a través de libros producto de investigación, publicaciones nacionales e internacionales y presentación en eventos de índole científico, adelantan investigaciones relacionadas con la clínica, la epidemiología y el tratamiento específico de las intoxicaciones causadas por animales venenosos, plantas y microorganismos; proponen proyectos encaminados a la búsqueda de moléculas o productos derivados de frutos locales y sus extractos como colorantes, antimicrobianos y antioxidantes; evalúan el

uso de los venenos y otros productos de origen natural con potencial aplicación farmacéutica, alimentaria, cosmética y agrícola; forman estudiantes de pregrado y posgrado en las áreas misionales del grupo, y facilitan los intercambios colaborativos con sectores productivos y equipos de investigación nacionales e internacionales.

El relacionamiento con el sector productivo, con colectivos científicos nacionales e internacionales y fundamentados en la experticia alcanzada tras treinta y cinco años de actividades ininterrumpidas, le ha permitido a nuestro grupo ofrecer una amplia gama de servicios asociados con la caracterización/evaluación de toxinas, la capacidad neutra-



lizante que tienen los antivenenos, así como la evaluación de su inocuidad y la cuantificación de dosis hemolítica o coagulante mínima para determinar la actividad enzimática de toxinas o efectos de estas sobre factores de coagulación.

Además de esto, y consecuentes con las nuevas líneas de investigación, el grupo está en capacidad de desarrollar, para cualquier producto y cumpliendo las exigencias y normas internacionales de la OCDE, estudios de toxicidad dérmica, irritación dérmica y sensibilidad cutánea; evaluaciones de toxicidad subcrónica durante 28 o 90 días; o toxicidad aguda: evaluaciones de actividad analgésica a nivel periférico (Test de Siegmund) y del sistema nervioso central (Test de Tail-flick); así como pruebas de otras actividades como la antiinflamatoria (Test de Levy), la diurética, la estimulante/depresora del sistema nervioso central, la ulcerogénica, la antimicrobiana por método colorimétrico de microdilución en caldo para establecer Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) o la cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante de alimentos por los métodos de actividad reductora de hierro (FRAP) y ABTS.

Actualmente, y basados en la trayectoria, las experiencias, los conocimientos y desarrollos investigativos, nuestro grupo ha querido dar un paso más en la solución integral del tratamiento del accidente ofídico; por ello, tras una alianza estratégica con el sector productivo, ha creado un emprendimiento (*spin-off*) para fortalecer las capacidades técnicas de producción de antivenenos liofilizados de tercera generación, proyecto cuya planta de producción estará alojada en la sede de Desarrollo Tecnológico e Innovación de nuestra Universidad (sector Quirama, El Carmen de Viboral). En ella se desarrollará una formulación específica, eficaz y segura para el tratamiento de los envenenamientos producidos por animales ponzoñosos colombianos y de regiones cercanas, sin requerimientos de conservación en refrigeración y, por tanto, especialmente apropiado para los centros de salud rurales, dada su fácil distribución y almacenamiento.

Este es, *grosso modo*, el grupo de investigación Toxinología, Alternativas Terapéuticas y Alimentarias, un programa que siempre ha sido un referente internacional en el estudio de venenos y envenenamientos, y que hoy, en permanente búsqueda de moléculas o productos con aplicación farmacéutica, alimentaria o agrícola, también incursiona en la producción de medicamentos eficaces y seguros para el tratamiento de estos envenenamientos, asegurando una mayor integralidad en la transferencia de conocimiento a todas nuestras comunidades y cumpliendo con la responsabilidad social que caracteriza a nuestra institución. **X**

## ENFOQUE DE LAS INVESTIGACIONES DEL GRUPO

**1**

Producir antivenenos, empleando la combinación de neurotoxinas y anticuerpos recombinantes.

Desarrollar un lote piloto polivalente que actúe contra toxinas presentes en el veneno de las serpientes coral colombianas.

**2****3**

Diseñar un sistema polimérico nanoestructurado para la encapsulación de extractos de cannabinoides con potencial aplicación en el tratamiento del dolor crónico.

Evaluar la actividad analgésica de algunos péptidos obtenidos a partir de venenos de arácnidos colombianos.

**4****5**

Caracterizar anticuerpos antineurotoxinas de venenos de serpientes como estrategia para la producción de antivenenos.

Sintetizar y caracterizar péptidos a partir de venenos de arañas, como estrategia hacia el desarrollo de nuevos antimicrobianos.

**6****7**

Diseñar antivenenos a partir de neurotoxinas y anticuerpos recombinantes.

Microencapsular frutas colombianas como estrategia para mejorar la bioaccesibilidad *in vitro* de sus compuestos bioactivos y su efecto sobre marcadores de riesgo para enfermedades crónicas no transmisibles.

**8**



# La idea más poderosa del mundo

Guillermo Pineda

Profesor jubilado del Instituto de Física, Universidad de Antioquia

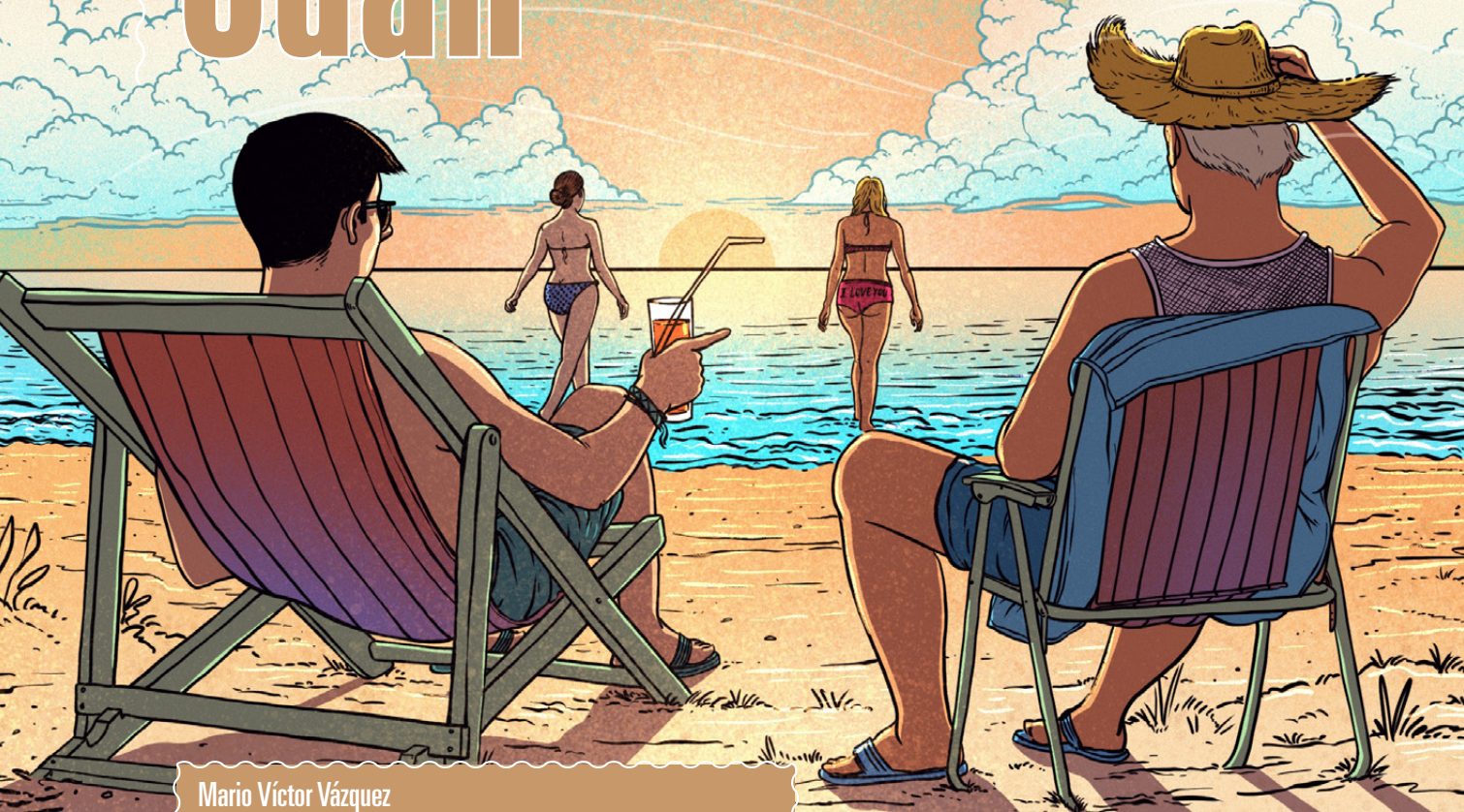
**A**lgunos nos preguntamos cómo fue posible que, con la notable participación de la ciencia y la tecnología, hayamos llegado a lo que, para algunos, parecerían ser los prolegómenos del apocalipsis: contaminación atmosférica y calentamiento global, no menos letales que la contaminación informática que las redes sociales aportan a nuestra cotidianidad, superpoblación y tecnodependencia, acceso universal a la cultura, pandemia y vacunas sintéticas a la carta, conflictos bélicos altamente automatizados y un sinnúmero de novedosas y preocupantes situaciones adicionales. Evitando la tentación de hacer juicios de valor sobre los acontecimientos que en los últimos doscientos años han propiciado la situación actual, resulta esclarecedor disponer de una visión amplia sobre la sucesión de eventos que nos han conducido a donde estamos, con la convicción de que un mejor conocimiento de causa pueda esclarecer el panorama y conciliar las predicciones apocalípticas de algunos con el optimismo exultante de otros, respecto a lo cual *The most powerful idea in the world (La idea más poderosa del mundo)* de William Rosen resulta ser un texto iluminador. Con el rigor histórico requerido, y fundamentado en una amplia investigación documental y de campo, Rosen recrea las situaciones que dieron lugar a la Revolución Industrial, uno de los eventos que ha tenido mayor

trascendencia en la historia de la humanidad, describiendo las condiciones que permitieron el auge de la minería del carbón en Inglaterra a finales del siglo XVI, estimulada por la deforestación ocasionada por la tala desahogada de maderables destinados a fines tan diversos como la calefacción, la cocción de alimentos, las fundiciones y la construcción de barcos y viviendas. Pero la opción de substituir la leña por el carbón mineral se convirtió en el caso típico de «abrir un hueco para tapar otro», al plantear problemas logísticos que solo pudieron ser resueltos apelando al ingenio de los innovadores, que, para tal fin, concibieron «ingenios» —*engines*— para extraer el agua que, debido al nivel freático, inunda todo pozo profundo, como suele suceder en el caso de las minas. Esta labor, que con frecuencia resultaba ser más demandante que la propia extracción del material, era realizada, penosamente, mediante una noria movida por un caballo, hasta que al capitán Thomas Savery se le ocurrió la brillante idea —ya anticipada por Denis Papin— de utilizar la potencia motriz del fuego para la extracción del agua mediante la construcción de un complicado sistema de calderas, ollas de presión, fuentes de vapor y tuberías que, a pesar de consumir enormes cantidades de carbón, resultaron ser más eficientes que los caballos, en términos del trabajo realizado versus el costo de su manutención. Conceptos como caballo de fuerza y caballo de vapor surgieron de la necesidad de comparar la eficiencia de la máquina y la bestia. La limitada acogida de «el amigo del minero», como se bautizó la máquina de Savery, muy pronto fue superada por el ingenio de Thomas Newcomen, quien diseñó una máquina más eficiente, que no estaba restringida a trabajar en una mina, sino que podía satisfacer las exigencias de la naciente industria textil inglesa, una de las fuentes más importantes de la riqueza y el poderío del Imperio británico. Por su parte, la máquina de Watt, una de las más emblemáticas expresiones de la Revolución Industrial, surgió de las mejoras y modificaciones que James Watt introdujo a la máquina de Newcomen. Sucesivas innovaciones a la máquina de Watt se derivarían en nuevas versiones, de menor tamaño y no menor potencia, que habrían de revolucionar el transporte de carga y pasajeros terrestre, marítimo y fluvial, con la aparición del ferrocarril y los barcos de vapor, mediante los cuales se llevaría a cabo la colonización de las hasta entonces desiertas llanuras de Norteamérica, Asia y África, en la segunda mitad del siglo XIX, haciendo del británico el imperio más poderoso y extendido que ha conocido la historia. Respecto a por qué la Revolución Industrial se inició en Inglaterra y no en otras naciones con mayor población, de más antigua tradición cultural y mayor capacidad económica y militar como China, Rosen propone algunas claves muy sugerentes,

y se centra en la protección de la propiedad intelectual que, de manera excepcional respecto a otras naciones, ofrecía Inglaterra a sus súbditos, pues, según Rosen, la idea más poderosa del mundo no fue la de utilizar la fuerza motriz del fuego para realizar múltiples labores, sino la idea —fuertemente arraigada en la tradición jurídica y filosófica inglesa, en la que sobresalen las personalidades de Edward Coke, Francis Bacon y John Locke— de que las ideas constituyen una propiedad que, por gracia del Estado, puede conferir a su titular el derecho de usufructo exclusivo y la posibilidad de enriquecimiento. Dada la actualidad de las cuestiones planteadas en este texto, la obra de Rosen es de necesaria lectura para quien quiera hacerse a una idea bien informada del momento histórico que vivimos, y lo que de este se puede derivar. X

William Rosen, *The most powerful idea in the world*, The University of Chicago Press, 2010.

# Un paseo al mar en la vida de Juan



Mario Víctor Vázquez

[mario.vazquez@udea.edu.co](mailto:mario.vazquez@udea.edu.co)

Químico, doctor en Ciencias Químicas

Profesor y divulgador de la Facultad de Ciencias

Exactas y Naturales de la Universidad de Antioquia



# N

o sin cierta dificultad había conseguido Juan que don José aceptara su invitación para un fin de semana de paseo al mar y sus playas tropicales.

Observando el atardecer, sentados en la playa, Juan intentaba broncear su pálido cuerpo mientras tomaba un jugo refrescante. Don José no ocultaba su incomodidad de estar lejos de su jardín usando un gran sombrero, un tanto ridículo, para ocultar lo más posible su cuerpo del sol.

—Relájese don José, que un poco de sol no le hará daño, ni tampoco alejarse un par de días de su jardín —dijo Juan, mientras señalaba con un vaso en la mano el bello paisaje.

—No niego que no sea hermoso, pero no me siento en mi elemento, ¡y no lo digo por el jardín! Ellas bien saben cuidarse.

—Ya sé —contestó con cara sonriente— se siente un tanto extraño tener un fin de semana sin ciencia.

—¿Por qué lo dices? En todo lo que nos rodea hay ciencia.

Juan se puso de pie y señalando el paisaje con una pose histriónica exclamó:

—Sí, ya sé, ahora me va a decir que esto no es arena, que en realidad es un conjunto de minerales, que sílice y esas cosas, pero no, hay mucho más, aquí tenemos toda esta agua. ¡No me va a venir ahora con que en el agua hay mucho de ciencia!

Don José levantó el índice derecho como pidiendo la palabra, pero Juan continuó todo exaltado:

—¡Ya sé, ya sé!, el agua es salada —dijo estirando esta última palabra—, un montón de cloruro de sodio y otras sales. Pero tampoco es que haya mucha ciencia con el agua.

Don José se acomodó el sombrero que tendía a salir volando y buscaba la mejor frase para comenzar, pero nuevamente el intento se frustró:

—Ah... y lo conozco, me quiere hacer caer, dirá que también así de salada son las lágrimas, que todos nuestros fluidos son salados porque tienen sales disueltas, y de ahí me va a llevar de la mano al contenido de agua en el cuerpo, y la cantidad de agua en la corteza terrestre, etc., ya lo conozco —dijo señalando con el dedo índice de la mano con la que sostenía el vaso.

Concentrado en su triunfal discurso, Juan se distrajo un momento al ver pasar dos bellas bañistas ante quienes decidió modelar un cuerpo supuestamente atlético. Esa distracción evitó que se diera cuenta de que don José se encontraba a su lado, con una mano sujetando el sombrero ridículo y con la otra tomándolo del brazo.

—A ver, mi Adonis, siéntate aquí a la sombrita, me parece que el sol te está afectando un poquito, mejor toma algo de ese jugo y de paso mantienes la boca ocupada. La verdad, mucho de lo que dijiste es la mejor evidencia de que tenía razón, en todo lo que nos rodea hay ciencia, incluso alrededor de la aparentemente simple agua —dijo don José marcando unas imaginarias comillas— hay mucho más solo con el agua si quieres.

Juan lo miraba con curiosidad sin despegar los labios del pitillo ecológico que les habían dado en la playa.

—Además de todo eso que dijiste, qué tal si miras ese hielo que hay dentro del vaso que tienes en la mano.

—Don José, eso es hielo, no tiene ciencia alguna.

—Ah, ¿sí? Y si el jugo que tomas es mayoritariamente agua y el hielo es agua ¿por qué se queda arriba?, ¿por qué no en el medio o abajo?

Juan se veía gracioso con los labios en el pitillo y la vista cruzada mirando el hielo.

—En la fase sólida el agua disminuye su densidad y por eso flota, por eso si dejas una tubería llena de agua y se congela —algo que aquí no ocurre evidentemente— aumentará el volumen y ya sabes qué pasará.

Juan asintió sin dejar el pitillo.

—¿Quieres ver ciencia a otra escala?, ya deja ese pitillo y mira a tu izquierda, no sé si alcanzas a ver allá donde desemboca aquel río.

—Sí, recién estuve luciendo mi musculatura por aquella parte, pero no me gustó, el río todo «sucio», todo marrón, en cambio de este lado el mar tan cristalino, aquí me luce mejor el cuerpo.

—Voy a ignorar esa última parte, ese color del río, si analizas un poco, se debe al material que está en suspensión, arcillas, por ejemplo. Si este es el caso pueden quedar suspendidas porque al aproximarse mucho para formar una agrupación mayor existe una repulsión de cargas eléctricas; sí, no me mires con esa cara, ahí tienes cargas eléctricas y por eso viajan con el curso del río.

—¿Y el mar?

—Allá voy, cuando se acerca el agua dulce, y baja esa mano —indicó— no te voy a dar la oportunidad para el chiste fácil, cuando se encuentra el río con un frente de agua con tanta carga salina, esa gran cantidad de iones en solución permite que las partículas de arcilla, por ejemplo, se acerquen entre sí, formen conglomerados y se depositen en las desembocaduras del río, y así, para estar aparentemente limpio. Digo lo de aparentemente —de nuevo marcó las comillas imaginarias— porque ya sabes que si vemos un líquido transparente no podemos decir que es solo agua.

Juan se quedó mirando el mar a lo lejos y luego dijo, sin voltear a ver a don José:

—Y yo que pensaba que si lo sacaba del jardín se quedaba sin ciencia, pero así no se vale vecino, vinimos aquí a descansar, a pasarla bien, a no pensar en ciencia, a dejar volar nuestra imaginación, ¿no le parece?

Don José sonrió por lo que estaba a punto de hacer:

—Tienes razón, Juan, vamos a descansar y hacer volar la imaginación: para eso te sugiero un tema para esta noche, cuando te acuestes. Piensa que desde el punto de vista químico uno no esperaría que el agua fuera líquida a temperatura y presión ambiente, porque si recuerdas aquel día que conversamos sobre las propiedades periódicas, si miras los elementos vecinos al oxígeno, ellos forman compuestos gaseosos con el hidrógeno, sin embargo, la presencia de un débil enlace, que llamamos enlace puente-hidrógeno, hace la diferencia, y por eso conocemos el mundo como lo conocemos. Así que de tarea te queda imaginarte cómo sería todo, teniendo en cuenta los mares, las lágrimas, el contenido de agua en nuestro cuerpo, si el agua fuera un gas en estas condiciones. Me haces el dibujito y mañana me lo muestras —finalizó tratando de ocultar una sonrisa maliciosa—.

En la noche solo se escuchaba el rítmico movimiento de las olas, en una cabaña la luz estaba apagada y alguien dormía plácidamente. En la cabaña vecina, todo lo contrario.

# EL ALKIMISTA

## *Cannabis sativa*, plata milenaria con propiedades medicinales

Los primeros reportes escritos sobre el uso de cannabis por seres humanos se remontan 3000 años a.C., aunque algunos registros arqueológicos obtenidos en las Islas Oki, cerca de Japón parecen indicar el empleo de esta planta desde al menos 8000 años a.C.



## Comida en la mesa para todos

El Marco estratégico de la FAO para 2022-2031 busca respaldar la Agenda 2030 mediante la transformación hacia sistemas agroalimentarios más eficientes, inclusivos, resilientes y sostenibles, para conseguir una mejor producción, una mejor nutrición, un mejor medioambiente y una vida mejor sin dejar a nadie atrás.



## Versátil y maleable desde la Antigüedad

En la forja, a partir del empleo del fuego, en la Antigüedad se calentaban metales volviéndolos blandos y maleables, para posteriormente darles formas adecuadas mediante golpes. De esta manera se obtenían armas, herramientas y distintos objetos.



## Luz intermitente para observar mejor

La lámpara estroboscópica se emplea para medir la velocidad de rotación de motores, normalmente en unidades de revoluciones por minuto (rpm), para esto se ajusta la frecuencia de la lámpara con la velocidad de los equipos rotativos bajo análisis.



X

17

## Para investigadores:

Si haces investigación en la Universidad de Antioquia y quieres divulgar tu trabajo, puedes postular un artículo a la revista *Experimenta*.

- Buscamos artículos o reportajes gráficos que divulguen el resultado o avance destacado del trabajo de un investigador, un grupo de investigación o una asociación de grupos de la Alma Máter. No es una revista de difusión científica, sino una publicación de ciencia e investigación para un público general
- Si no estás afiliado a la UdeA, pero participas en una investigación con alguno de nuestros grupos, también puedes presentar tu artículo.
- El lenguaje debe ser sencillo y comprensible, dirigido a un público general (especialmente jóvenes), para contarles los objetivos, el proceso, los hallazgos y los resultados o impactos de tu estudio.
- El artículo deberá utilizar recursos que les permitan a las personas comprender un tema desde su propia vivencia. Usa ejemplos y casos que relacionen la investigación con la vida cotidiana. También puedes usar cifras y datos de contexto que le den cercanía o universalidad a nuestros estudios científicos.

Si requieres asesoría o mayor información, no dudes en contactarnos al correo [revistaexperimenta@udea.edu.co](mailto:revistaexperimenta@udea.edu.co). Te acompañaremos en todas las etapas de la generación de un artículo, para que tu investigación sea conocida y comprendida por muchas personas.

## Para lectores:

Si te interesan nuestros temas y quieres recibir la revista en tu institución —no importa que no estés afiliado a la UdeA—, regístrate, y te la haremos llegar. Envíanos un correo electrónico a [revistaexperimenta@udea.edu.co](mailto:revistaexperimenta@udea.edu.co) con:

- Nombre.
- Dirección de la institución, domicilio u oficina.
- Nombre de la institución donde trabajas o estudias.
- Carrera, curso o área del conocimiento a la que perteneces.




**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

EXPERIMENTA



[www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

#UdeACiencia

 @UniversidadDeAntioquia

    @UdeA

