

Revista



Ciencia *y Naturaleza*

Entender los ecosistemas
marinos a través de
los sonidos de los peces

Enero-Abril 2023

www.revistacyn.com

Contenido

Ciencia
sin complicaciones

7



El Carbono:
¿fuente de fabricación de
materiales antimicrobianos?

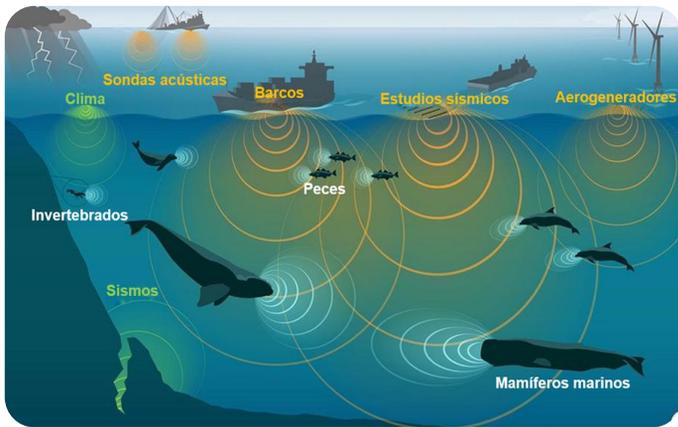
9



La ciencia de los datos
y su reproducibilidad

19





Entender los ecosistemas marinos a través de los sonidos de los peces

31



Un hueso duro de ... ¿remodelar?

37



Líquidos iónicos para limpiar el aire que respiramos

55



Fractales

70



¿Quiénes Somos?



Revista

Ciencia

y Naturaleza esta formada por la comunidad de estudiantes, científicos, técnicos y profesores que dirigen sus esfuerzos en la divulgación y difusión de la Ciencia.

Nuestro Objetivo



Revista

Ciencia

y Naturaleza tiene el objetivo de integrar y divulgar temas actuales de Ciencias, Naturaleza, Tecnología y Educación para crear un foro de discusión y aprendizaje para Latinoamérica. Es un espacio con características innovadoras para comunicar temas trascendentes y actuales del quehacer científico.

Revista

Ciencia

y Naturaleza, número 01, correspondiente a enero-abril de 2023, es una publicación electrónica cuatrimestral, editada por el Dr. David A. Paz García. <https://www.revistacyn.com/>, editor.ciencia.naturaleza@gmail.com. Bahía del Espíritu Santo 217A, Paraiso del Sol, La Paz, Baja California Sur, C.P. 23085, México. Tel. (612) 1835084. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2024-112112160400-102, ISSN: En trámite; ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de manera alguna el punto de vista del Editor ni del Comité Editorial. Queda prohibida la reproducción total o parcial del contenido por cualquier medio sin la autorización expresa del Fundador y Editor en Jefe.





Directorio



Comité Editorial

Dr. David A. Paz García

Fundador y Editor en Jefe

M.C. Eduardo Aguayo Leyva

Editor Asociado

Dra. Beatriz Escobar Morales

Editor Asociado

Dra. Selene Ramos-Ortiz

Editor Asociado

Dra. Nuvia Kantún Moreno

Editor Asociado

Lic. Diana C. Sánchez Toyos

Editora Asociada

Dr. Jorge Rocha

Editor Asociado

Dr. Alejandro Valdez Mondragón

Editor Asociado



Diseño

Yareli Tiburcio

Isis G. Tovar De La Cruz



Revista de Divulgación y Difusión





Revisores

Selene Ramos-Ortiz

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Jesús Eduardo Aguayo Leyva

CIBNOR

Elia Diego García

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)

Luis Hernández-Adame

CIBNOR

Luis Alberto Olvera Vargas

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.

Itzel López Rosas

CONACYT - Colegio de Postgraduados campus Campeche

Perla Xochitl Sotelo Navarro

IxM-CINVESTAV

Luz Verónica Delvasto Algarín

N/A

Revisores Anónimos



Ciencia sin complicaciones

Estamos emocionados por presentar a la conformada por la comunidad de estudiantes, científicos, técnicos y profesores que dirigen sus esfuerzos en la divulgación y difusión de la Ciencia. Es un espacio con características innovadoras para comunicar temas trascendentales y actuales del quehacer científico. Esta iniciativa lleva casi un año de trabajo y por su carácter multidisciplinario y características digitales ofrece nuevas oportunidades para la divulgación y difusión de la Ciencia, Naturaleza, Tecnología y Educación en México, pero con proyección al resto de Latinoamérica. Aunque el trabajo formal en la revista inició el 01 de Junio de 2022, previamente se había realizado conversaciones y juntas de organización.

Revista
Ciencia
y Naturaleza,

Para ser fan de la Naturaleza y aprendiz de científico, siempre es importante soñar a lo grande. La publicación de este número es parte de ese sueño, de la búsqueda de comunicar de una manera amena y el de compartir las maravillas encontradas en la naturaleza y los avances en la ciencia que muchas veces no son accesibles para la mayoría de las personas.



Sueña en Grande!

¿Quién dijo que la Ciencia es complicada o que hay temas difíciles de explicar?

En nuestra sección **Ciencia sin complicaciones** hacemos un recuento de los artículos publicados en nuestro primer número. Este es el resultado del trabajo arduo de los autores, editores y grupo de diseño para que la revista sea un espacio de entretenimiento y aprendizaje sin complicaciones. Agradecemos a todos por el apoyo y la confianza brindada para llevar a cabo esta iniciativa.

El carbono es un elemento importante que se encuentra en todas partes de la Tierra. Gracias a los avances científicos es posible crear estructuras diminutas para combatir microorganismos que afectan a nuestra salud. Alejandro López y colaboradores explican las propiedades del Carbono y su potencial uso para la humanidad (página 9). Por su parte, la ciencia actual requiere del manejo y análisis de una gran cantidad de datos, siendo una de las mayores revoluciones de nuestro tiempo. La obtención, uso y capacidad de corroborar resultados para el avance del conocimiento es explicado por David Paz (pág. 19).

Nuestra Portada es dedicada a conocer la salud de los ecosistemas marinos con ayuda del sonido de los peces. Florian Rabasco y colaboradores no explican que este ecosistema no es nada silencioso, apenas conocemos el 5% del sonido de los peces y nos dan ejemplos para escucharlos! (pág. 31). Eric Ramírez y Patricia Salcedo nos recuerdan que los huesos son tejido vivo y que hay factores como enfermedades, alimentación y la herencia que pueden influir en el remodelado de los mismos (pág. 37). Los impactos del dióxido de carbono sobre nuestro entorno son explicados por Pedro Navarro y José Rivera, y gracias al uso de nuevos materiales como los líquidos iónicos es posible proponer soluciones a problemas ambientales como la captura de contaminantes en el aire que respiramos (pág. 55). Finalmente, Julio Pérez nos habla de los fractales, su presencia en la naturaleza y su utilidad para diagnosticar cancer! (pág. 70)

Disfruta del contenido, aprende y sueña en grande!



Dr. David A. Paz García

Fan de la Naturaleza y aprendiz de Científico

Editor en Jefe



Sorprendente

Revista
Ciencia
y Naturaleza

El Carbono:

¿fuente de fabricación de
materiales antimicrobianos?

Alejandro López-Amador
Abel Gutiérrez-Ortega
Beatriz L. España Sánchez



1020

El Carbono:

¿fuente de
fabricación de
materiales
antimicrobianos?

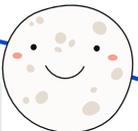


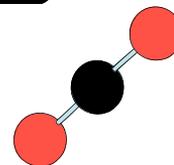
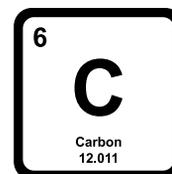
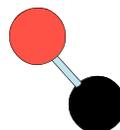
El Carbono y su importancia

¿Sabías qué el carbono es el elemento químico más importante de la tierra? Sin él, no sería posible la vida. Resulta bastante interesante saber que el carbono es una parte fundamental de los compuestos orgánicos en la tierra, gracias a su facilidad para establecer enlaces con otros elementos y sustancias, y capaz de formar un número infinito de materiales. Es tan importante para nuestra existencia puesto que forma moléculas complejas como proteínas y ADN. Además, se encuentra en los alimentos que consumimos, en la ropa que usamos, en los materiales que ocupamos día a día, como plásticos y madera, incluso en nuestro propio cuerpo.



Cómo citar este artículo: López-Amador A, Gutiérrez-Ortega A, España Sánchez BL. 2023. El carbono: ¿fuente de fabricación de materiales antimicrobianos? Revista Ciencia y Naturaleza 01 (1020): 9-18. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14477462>





Billion photos

El carbono y su potencial uso para la humanidad

En la actualidad, los grandes avances científicos han permitido descubrir que a partir del carbono se pueden obtener estructuras a nanoescala (equivalente a la millonésima parte de un metro o 1×10^{-9} m) con diferentes formas. Se ha demostrado que, a partir de las fuentes de carbono, es posible fabricar estructuras nanométricas detalladas, en donde sus átomos se acomodan en forma de red, para formar materiales como el grafeno, los nanotubos de carbono y los puntos cuánticos (Figura 1).

Enot-Poloskun/Getty Images Signature

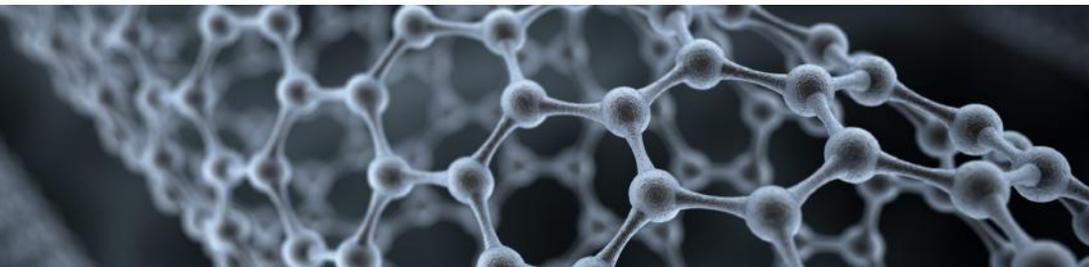




Figura 1. Esquema que representa las dimensiones de la escala nanométrica y las estructuras que se pueden obtener a partir de fuentes de carbono. Fuente: escala nanométrica obtenida de <https://adciesparquegoya.wordpress.com/2017/12/09/nanociencia/>. Tabla: autoría propia.



En particular, los puntos cuánticos se definen como estructuras esféricas de átomos de carbono, con un tamaño promedio de 1 a 10 nanómetros. En este sentido, los puntos cuánticos han demostrado gran interés científico debido a sus características, tales como la biocompatibilidad con el cuerpo humano, su baja toxicidad, la capacidad de matar bacterias y virus. Asimismo, los puntos cuánticos han demostrado ser candidatos para diversas aplicaciones, entre las cuales podemos mencionar el tratamiento de enfermedades como el cáncer, como agentes para remover contaminantes y la fabricación de baterías amigables con el medio ambiente.

¿Cómo se obtienen los puntos cuánticos?

Los puntos cuánticos se pueden fabricar mediante un método amigable con el medio ambiente, el cual se describe como química verde. Bajo este principio, la reacción de fabricación evita el uso de reactivos tóxicos y costosos, evitando riesgos a la salud. Esto significa que se pueden obtener de una forma ecológica y sustentable para el medio ambiente, utilizando cualquier producto que tenga carbono, por ejemplo: frutas, verduras, hojas y semillas.

Resulta bastante interesante como los productos naturales con los que convivimos en la vida cotidiana (por ejemplo, las plantas) pueden utilizarse para hacer tecnología con aplicaciones tan increíbles como eliminar bacterias y virus que afectan a nuestra salud, o incluso eliminar contaminantes en el agua.

Para la fabricación de los puntos cuánticos es necesario que la fuente de carbono contenga moléculas específicas, a los cuales denominamos grupos funcionales. Por ejemplo, para poder matar a las bacterias y virus, se requiere que la fuente de carbono contenga grupos funcionales como lo son el oxígeno y el nitrógeno. Algunos ejemplos de ellos son el pimienta, el limón, el ajo, la sábila, menta, entre otros (Figura 2).

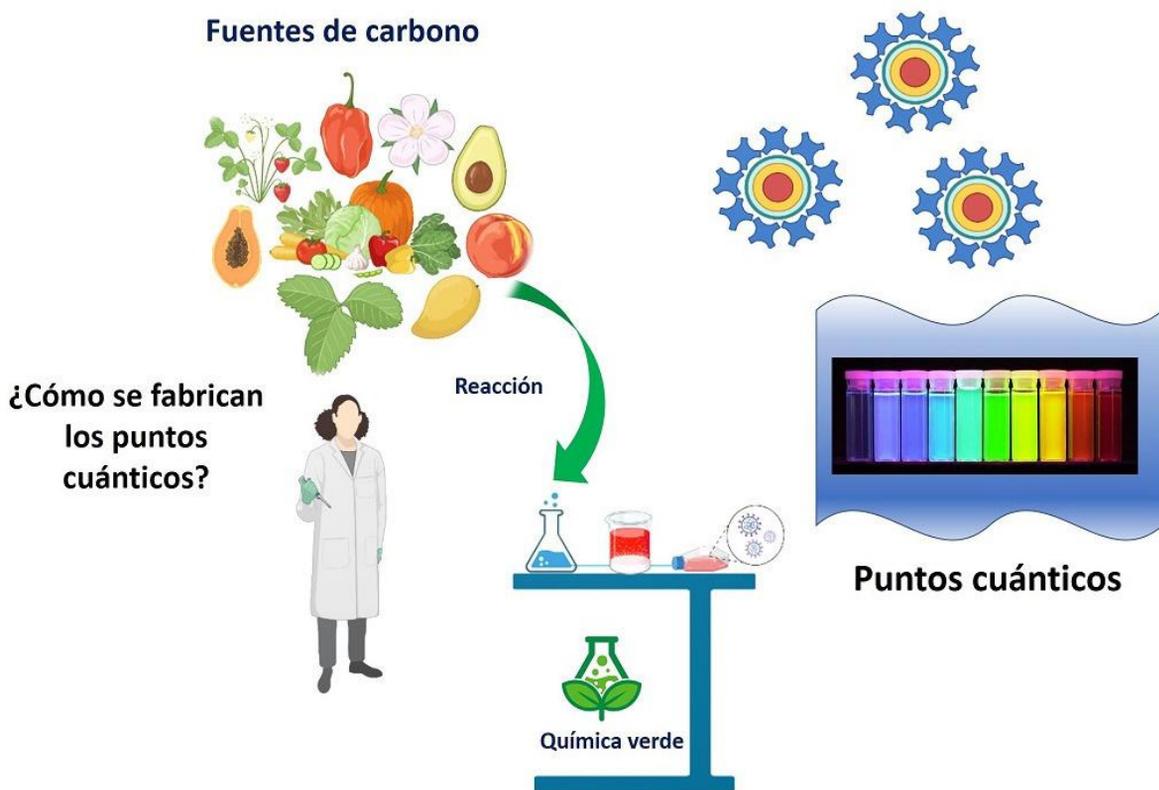


Figura 2. Esquema representativo de la fabricación de puntos cuánticos a partir de fuentes de carbono. Fuente: autoría propia, esquemas realizados en Biorender.com



¿Qué tipo de microorganismos podemos eliminar?

Los puntos cuánticos han mostrado matar al 99.9 % de bacterias patógenas como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*. El mecanismo de muerte de dichas bacterias se basa en la formación de hoyos en la estructura de la célula y provocarle un envejecimiento acelerado (que se conoce como estrés oxidativo), que produce en un tiempo muy corto que las bacterias se mueran. Estas bacterias se consideran patógenas debido a que son los más comunes en lugares muy contaminados, y son capaces de producir infecciones en la piel, sanguíneas y pulmonares, que pueden ocasionar la muerte si no son eliminadas. Sin embargo, los puntos cuánticos pueden ser considerados materiales antimicrobianos, ya que no solo matan bacterias, sino también virus, como el herpes, e incluso el SARS-CoV2 (Figura 3).

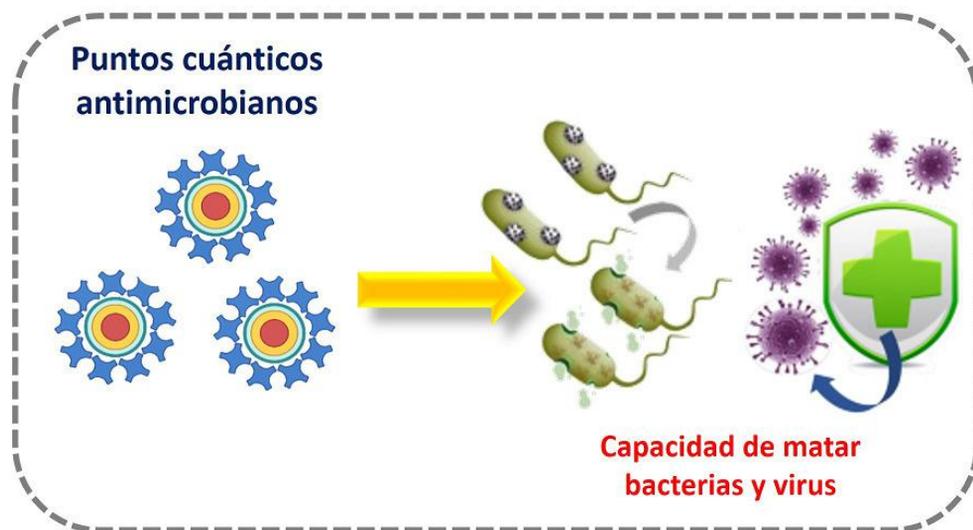
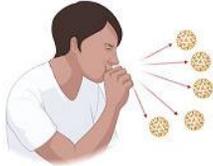


Figura 3. Esquema representativo de la capacidad antimicrobiana de los puntos cuánticos. Fuente: autoría propia, esquemas realizados en Biorender.com

Tratamiento de enfermedades



Separación de contaminantes



Baterías



Aplicaciones de los Puntos cuánticos



Figura 4. Esquema representativo de las aplicaciones de los puntos cuánticos. Fuente: autoría propia, esquemas realizados en Biorender.com

Futuras aplicaciones

El reto actual de los científicos es el desarrollo de materiales a nanoescala de bajo costo y que posean diferentes propiedades ópticas, mecánicas, físicas y químicas, por lo cual se espera la fabricación de materiales multifuncionales, que sean más resistentes a la temperatura, más duros, más flexibles, biocompatibles con el ser humano, con mayores propiedades electrónicas y lo más importante, que mejoren la calidad de vida sin dañar el medio ambiente.

Algunas de las aplicaciones novedosas de los puntos cuánticos se encuentran relacionadas con tratamiento de enfermedades como el cáncer, sistemas de separación de contaminantes en agua o su incorporación en baterías flexibles, además de su uso como agentes antimicrobianos en materiales de curación (Figura 4). Sabiendo esto, no te sorprendas que en un futuro muy cercano podamos obtener materiales a partir de frutas que puedan curar el cáncer o matar microorganismos, llegando a ser las nuevas tecnologías del mañana. 🍀

Para Consulta



Universidad nacional de Colombia. 2022. ¿Qué son los puntos cuánticos de carbono y para qué sirven? <https://youtu.be/yJaLQOZKwfY>



Ghirardello M, Ramos-Soriano J, Galán MC. 2021. Carbon Dots as an Emergent Class of Antimicrobial Agents. <http://doi.org/10.3390/NANO11081877>.



Chahal S, Macairan JR, Yousefi N, Tufenkji N, Naccache R. 2021. Green Synthesis of Carbon Dots and Their Applications. <http://doi.org/10.1039/D1RA04718C>.



González-Reyna MA, España-Sánchez BL, Molina GA, López-Miranda JL, Mendoza-Cruz R, Esparza R, Estévez M. 2022. Carbon Dots Synthesized from Cinchona Pubescens Vahl. An Efficient Antibacterial Nanomaterial and Bacterial Detector. <http://doi.org/10.1002/SLCT.202104530>.



Centro CEDENNA. 2021. Dimensiones nanométricas.
<https://www.youtube.com/watch?v=fSfEzdzqO0Yo>



Alejandro López Amador

Ingeniero en Nanotecnología de la Universidad Tecnológica de Tulancingo Hidalgo y actual estudiante de maestría en Ingeniería Ambiental en el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica CIDETEQ SC, Querétaro.



Abel Gutiérrez Ortega

Doctor en Ciencias con especialidad en Biotecnología de plantas. Investigador en la Unidad de Biotecnología Médica y Farmacéutica CIATEJ, Guadalajara.



Beatriz Liliana España Sánchez

Doctora en Tecnología de Polímeros. Investigadora por México adscrita al Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica CIDETEQ SC, Querétaro. Contacto: lespana@cideteq.mx



La ciencia de los datos y su reproducibilidad

David A. Paz García

```
74 Fbow=${Ft}Bowtie2/  
75  
76 cd ${Fbow}  
77  
78 Folder Trinity corrida (Ft)  
79 Folder reads muestrars para hacer mapping (Freads, ver arriba)  
80 SAM1=${Freads}Unmatched_reads_RNAfree.fq.1.g  
81 SAM2=${Freads}Unmatched_reads_RNAfree.fq.2.g  
82 To=${Ft}Trinity.fasta  
83  
84 Tbow=${Fbow}Trinity.fasta
```



La ciencia de los datos y su reproducibilidad



Cómo citar este artículo: Paz-García DA. 2023. La ciencia de los datos y su reproducibilidad. Revista Ciencia y Naturaleza 01 (1019): 19-30. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14478040>





La ciencia actual de los grandes datos (“Big Data”)

Muchas de las investigaciones que realizan actualmente los científicos incluyen una enorme cantidad de datos. Estos pueden tratarse de millones de secuencias de ADN para reconstruir el genoma de una especie extinta como el mamut, el análisis de la regulación y la expresión de miles de genes de especies ante la respuesta a fluctuaciones climáticas, o el análisis de las variables ambientales para predecir las condiciones climáticas futuras, entre otros.

La capacidad de la humanidad de reunir y analizar grandes cantidades de información es una de las mayores revoluciones de nuestro tiempo.

La obtención de información también conlleva el desarrollo y la utilización de programas y equipo especializado de gran capacidad de memoria para probar hipótesis, crear simulaciones y modelos predictivos. En ningún momento de la historia del ser humano, se había tenido la capacidad de adquirir tal cantidad de información. Lo anterior representa una oportunidad única en nuestro tiempo para poder realizar investigación integral en diversos niveles y desde diferentes áreas de conocimiento. Así se tiene la necesidad de desarrollar diversas técnicas y automatizaciones para realizar un estudio científico más sólido.



La ciencia de los datos es un campo relativamente nuevo, también conocido como "*Big Data*", y se refiere al conjunto de información tan grande y compleja que es difícil de analizar utilizando técnicas tradicionales de procesamiento. Este campo interdisciplinario combina la estadística, la informática y el aprendizaje automático.

Un tipo de inteligencia artificial conocido como **aprendizaje automático**, permite que las computadoras aprendan de la información sin ser programadas explícitamente para ello.



La **estadística** es la ciencia de recopilar, analizar y obtener conclusiones de los datos, a través de técnicas matemáticas para comprender patrones.

Por su parte, la **informática** es el área de la ciencia que utiliza diferentes métodos para almacenar y procesar datos digitales que deben recopilarse, administrarse y analizarse de una manera que los convierta en información útil, lo que contempla grandes retos.



Giuseppe Ramos J

El avance de la tecnología ha cambiado las investigaciones, ahora se puede analizar cantidades inmensas de información que antes era impensable.

El primer paso en el *BigData* es **recopilar información**. Esta puede provenir de sensores ambientales como velocidad del viento, temperatura, humedad, corrientes oceánicas, entre otros. Una vez que se recopila la información, es necesario estandarizar y **organizar** para poder analizar los datos. Posteriormente, los científicos utilizan una variedad de técnicas para encontrar **tendencias y patrones**. Los resultados se pueden utilizar para tomar decisiones y hacer **predicciones** (Figura 1).

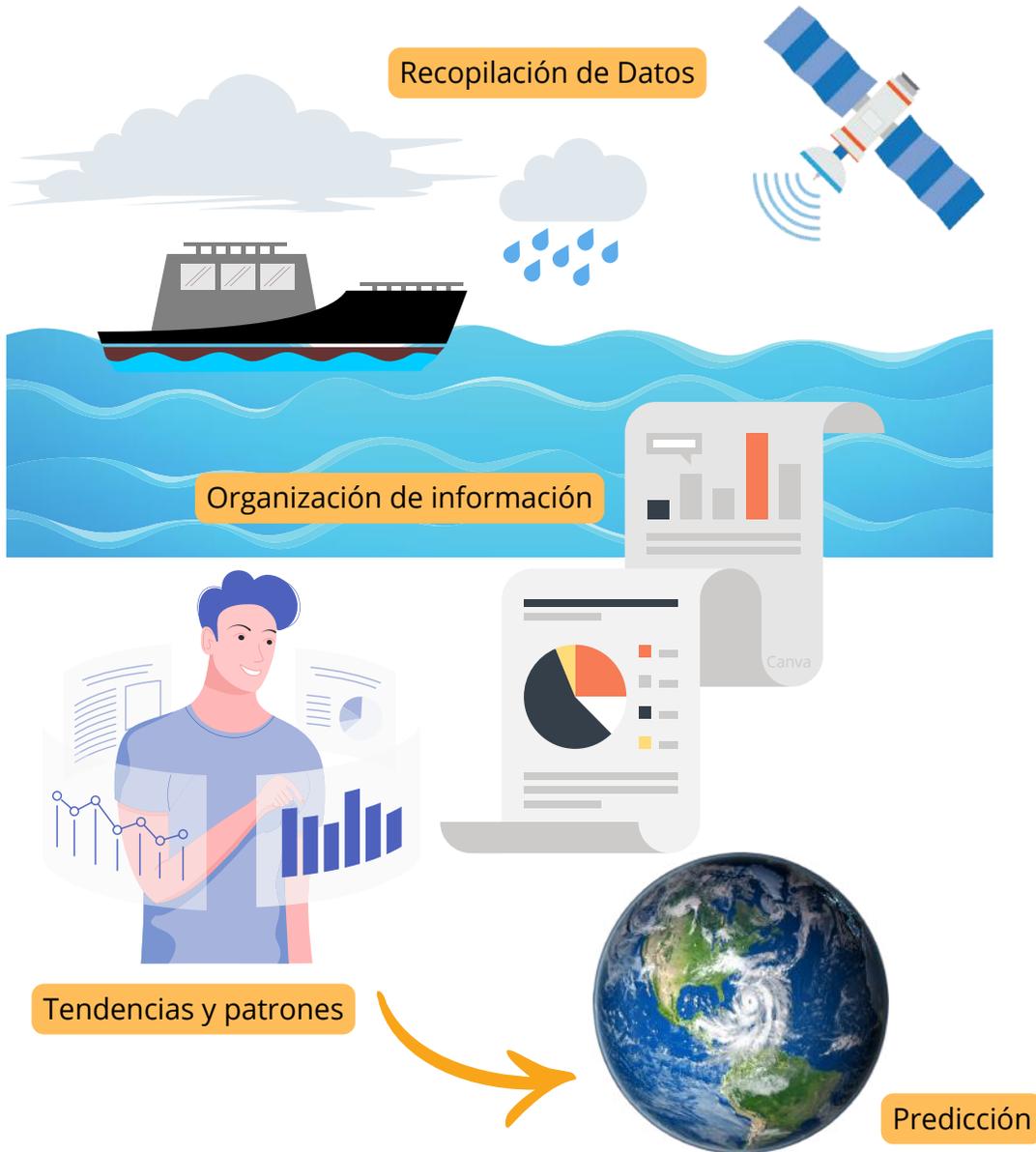


Figura 1. Ejemplo de la ciencia de datos desde la recopilación de la información, organización, análisis y predicción.

La ciencia de datos es un esfuerzo de colaboración que requiere diferentes habilidades. Los investigadores deben comunicar sus hallazgos a quienes no son expertos en el campo y necesitan trabajar con otros para diseñar e implementar soluciones. La demanda de habilidades en la ciencia de datos está creciendo rápidamente y existe escasez de científicos calificados para ello.



El desarrollo de nuevas tecnologías para obtener y analizar la inmensa cantidad de datos ha sido abrumador. Actualmente, esta demanda se traduce en una necesidad sin precedentes de contar con recursos humanos con una formación de análisis de datos especializado. Por lo tanto, es evidente la necesidad de proporcionar herramientas, materiales de capacitación y la generación de nuevas técnicas. Una de las principales preocupaciones de la comunidad científica internacional sobre el crecimiento desproporcionado de datos es que la investigación pueda ser replicable y reproducible.

¿Qué significa que una investigación sea replicable y reproducible?

Una parte clave de los estudios es que puedan corroborar los hallazgos científicos previos, lo que se conoce como **replicabilidad**. Un ejemplo de replicabilidad sería si se arrojaran distintos objetos desde un edificio y se observarían los efectos de la gravedad cuando caen hacia el suelo. Este experimento podría replicarse y diferentes grupos de investigación de todo el mundo podrían obtener resultados similares y confirmar los descubrimientos científicos (Figura 2).

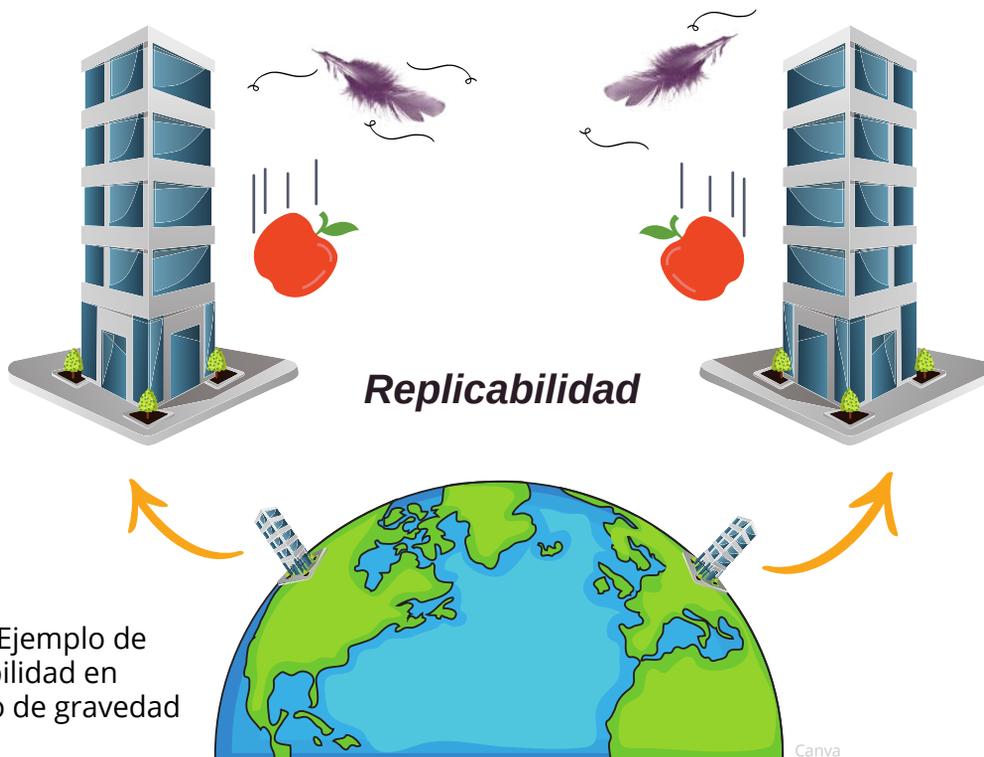


Figura 2. Ejemplo de replicabilidad en experimento de gravedad

Por otro lado, debido a la gran cantidad de datos, es necesario que el procesamiento y las condiciones del análisis sean consistentes para conseguir resultados similares por parte de otros. Esto es conocido como **reproducibilidad**. Una analogía para esto sería seguir una receta y usar la misma cantidad de ingredientes para obtener una hamburguesa exactamente idéntica (con tiempo de cocción para la carne y disposición de ingredientes idéntico, figura 3).

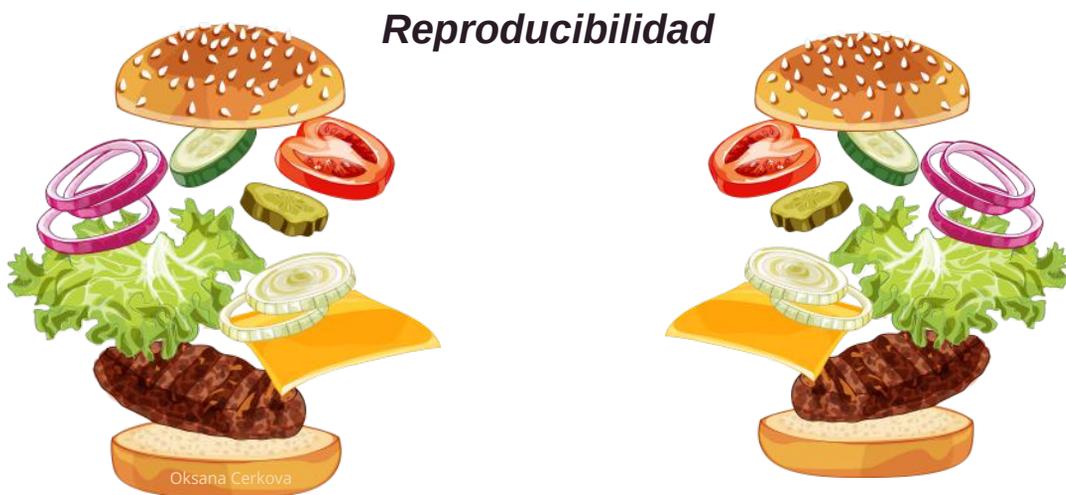


Figura 3. Ejemplo de Reproducibilidad.

Una característica importante de los estudios científicos es la reproducibilidad, esto es que cualquier persona tenga la posibilidad de recrear los métodos o experimentos desarrollados en la investigación. Así la replicabilidad y reproducibilidad son una parte central de la ciencia y beneficia a los avances y desarrollo de tecnología en todos los ámbitos.

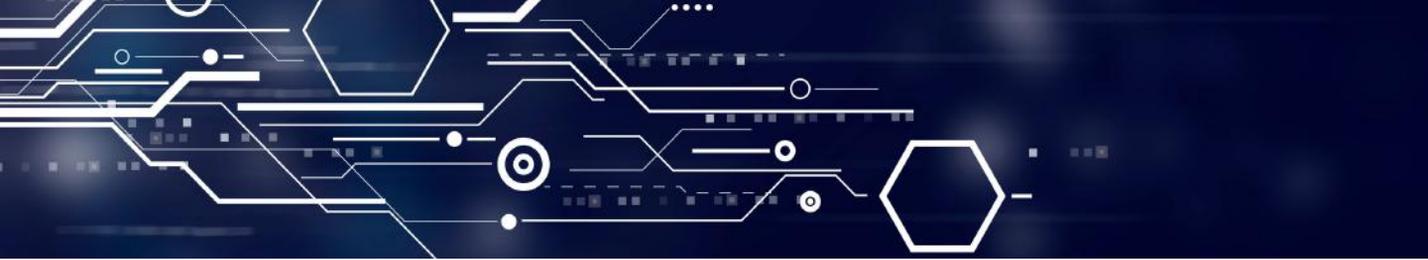
Importancia de la reproducibilidad

En la actualidad, el uso de los recursos computacionales es sumamente crítico para el análisis de los datos. Es importante reconocer que la formación de personal capacitado hacia las ciencias computacionales, creación de **códigos** y **bioinformática** se encuentra limitado en comparación con la demanda que existe. Una carrera profesional con formación académica en análisis masivo de datos se convertirá en una necesidad indispensable en el futuro.

Es primordial conocer las diferentes pautas básicas para desarrollar mejores prácticas computacionales para la creación de códigos. La ausencia de estas puede resultar en la pérdida de datos e ineficiencia en el uso de recursos computacionales y por tanto la obtención de los resultados y el desarrollo de la investigación lleven mucho más tiempo de lo necesario.

Los análisis informáticos deben contener un flujo de trabajo como el que se realiza en los laboratorios, con las bitácoras, códigos empleados y los pasos que se llevan a cabo para desarrollar la investigación. Esto conlleva también a las anotaciones de los errores en los códigos y las versiones utilizadas en los mismos para asegurarse que cuando se comparten funcionan correctamente.





El flujo de trabajo y documentos reproducibles, como los documentos **markdown en lenguaje R**, incluyen los datos crudos sin procesar pasando por la conversión y exploración de la información mediante gráficos, creación de modelos y análisis estadísticos hasta la obtención de los archivos finales del artículo científico. Estos documentos deben de contener la información detallada de los materiales empleados. Un código bien documentado permite su reutilización por otras investigaciones y hace que su verificación sea sencilla. Algunos de los beneficios al compartir estos materiales reproducibles incluyen una mayor comprensión y reutilización de los mismos, además de que pueden examinarse y mejorarse. 🍀



Para Consulta

Camargo-Vega et al. 2015. Conociendo Big Data. Revista Facultad de Ingeniería. 24 (38). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-11292015000100006

Allen C, Mehler DMA (2019) Open science challenges, benefits and tips in early career and beyond. PLoS Biol 17(5): e3000246. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000246>.

QuantumFracture. 2019. ¿Por qué una Pluma y un Martillo Caen a la Vez? <https://youtu.be/EzcyW0naDLw>



David A. Paz García

Doctor en Ciencias en Uso, manejo y preservación de los recursos naturales. Investigador CONACyT-Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Contacto: dpaz@cibnor.mx





Entender los ecosistemas marinos a través de los sonidos de los peces

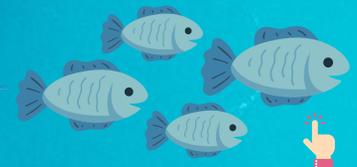
Florian Rabasco
Adrian Munguia-Vega
Damien Olivier

1030



Entender los ecosistemas marinos a través de los sonidos de los peces

El océano, aunque llamado "el mundo silencioso" por Cousteau, no es tan silencioso como lo parece. De hecho, el paisaje sonoro marino (Figura 1) se compone de tres tipos de sonidos: **fuentes abióticas** (geofonía) **fuentes bióticas** (biofonía) y **actividades humanas** (antrofonía). Juntos, se combinan para crear la firma acústica de un entorno denominado "**paisaje sonoro**". Probablemente conoces el sonido de mamíferos marinos, como el sonido de los delfines (**presiona al delfín!**), sin embargo, ¿Sabías que los peces pueden producir sonido (**presiona los peces!**)?



Cómo citar este artículo: Rabasco F, Munguia-Vega A y Olivier D. 2023. Entender los ecosistemas marinos a través de los sonidos de los peces. Revista Ciencia y Naturaleza 01 (1030): 31-36. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14479055>



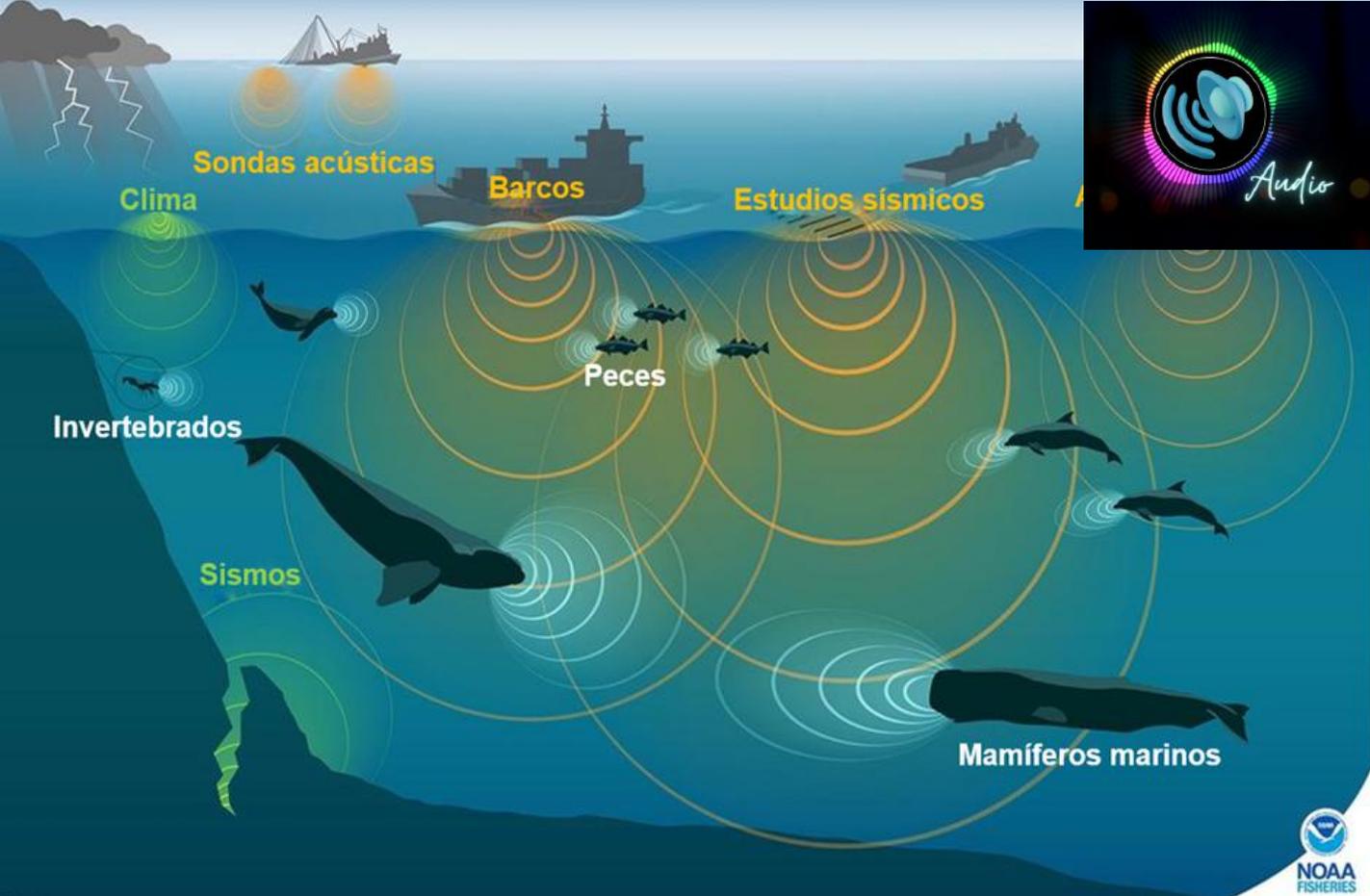


Figura 1. Fuentes de sonidos participantes al paisaje sonoro de los océanos. En verde, las fuentes **geofónicas**, en naranja **antropofónicas**, y en blanco **biofónicas**. (Fuente: NOAA Fisheries).

Aunque la mayoría de los sonidos son inaudibles para los humanos, una gran parte de los peces pueden producir sonido de **forma intencionada** (para comunicarse, reproducirse, defenderse, etc.) o **incidental** (mientras comen o nadan). Se conocen tres mecanismos para producir sonidos en los peces. Primero, gracias a la **contracción de músculos sónicos** que están situados cerca o en la vejiga natatoria (órgano lleno de gas de los peces para el control de la flotabilidad). Segundo, por **estridulación**, cuando se frota las partes duras del esqueleto o los dientes. Asimismo, un cambio rápido de dirección o velocidad de un pez puede producir un **sonido hidrodinámico**. Estos sonidos ofrecen etiquetas naturales para la identificación de las familias, y a veces, hasta la especie, lo que puede utilizarse para el monitoreo de las actividades de los peces. Sin embargo, de las 33,000 especies de peces conocidas en el mundo, sólo se conocen aproximadamente el 3.6 % (1,214), de las cuales la mayoría se consideran peces soníferos.



El uso de censos visuales submarinos con equipo SCUBA es frecuente, pero tiene limitaciones. En efecto, se restringe a las especies que pueden observarse durante el buceo y depende mucho de las condiciones del mar como la visibilidad y oleaje. El monitoreo acústico es un método complementario que pudiera brindar ciertas ventajas. Por ejemplo, un hidrófono puede emplearse durante largos periodos de tiempo (desde horas a días, Figura 2), lo que permite detectar el efecto del ciclo lunar, la marea o el ritmo circadiano sobre la actividad de los peces, lo que sería más complicado y costoso con el monitoreo tradicional.



Figura 2. Fotografía de hidrófono, posicionado en un arrecife rocoso en el Golfo de California.

Las primeras descripciones de sonido de peces empezaron alrededor de 1950, con el tiempo, el monitoreo acústico ha demostrado sus ventajas. Por ejemplo, aunque se conoce el sonido de pocas especies de peces, se puede evaluar y cuantificar la diversidad de sonido en un arrecife sin saber la especie que produce el sonido. Esta diversidad del sonido nos da una idea de la diversidad de peces en el arrecife (esto es un índice de diversidad), la cual puede ser utilizado para conocer el estado ecológico de los arrecifes y bosques de kelpos, la detección de especies invasoras y de lugares de reproducción.



Con menos del 5% de la biblioteca de sonidos de peces, hemos podido hacer nuevos descubrimientos, como entender los comportamientos en agregaciones reproductivas. Por ejemplo, gracias a un estudio acústico y visual, se descubrió que la Garropa *Mycteroperca jordani* (Figura 3), un pez en peligro de extinción, se reproduce en la tarde, sin seguir las fases lunares, entre marzo y junio en Cabo Pulmo en el Golfo de California, México. Igualmente, investigadores han utilizado el paisaje sonoro de arrecifes sanos para evaluar el estado de salud de las zonas en restauración. Estos tipos de resultados muestran la importancia y el potencial de los estudios acústicos para los peces. A medida que completemos la biblioteca de sonidos de peces, podremos mejorar el monitoreo de las poblaciones de especies soníferas y, con ello mejorar el manejo del ecosistema marino. 🍀



Figura 3. Fotografía de *Mycteroperca jordani* en el Golfo de California (Crédito: Carlos R. Godínez-Reyes).

Para Consulta



Lamont TAC, Williams B, Chapuis L, Prasetya ME, et al. 2021. The sound of recovery: Coral reef restoration success is detectable in the soundscape. *Journal of applied ecology* 59, 742– 756. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14089>



Looby A, Riera A, Vela S, Cox K, Bravo S, Rountree R, Juanes F, Reynolds LK, Martin CW. 2022. FishSounds. <http://www.fishsounds.net>, version 2.



Rowell TJ, Aburto-Oropeza O, Cota-Nieto JJ, Steele MA, Erisman BE. 2019. Reproductive behaviour and concurrent sound production of Gulf grouper *Mycteroperca jordani* (Epinephelidae) at a spawning aggregation site. *Journal of fish biology* 1–20. <https://doi.org/10.1111/jfb.13888>

Crédito de imágenes en orden de aparición: graphixmania, adiprayogo (Pexels), Hnguyen (iconixi), Permadi, ToZlcon, sketchify, Slab Design, Jaymantri (Pexels), mumut, Maryna Stryzhak, Sketchify Education, richcarey (Getty Images), sparklestroke.



Florian Rabasco

Estudiante de doctorado en ecología marina en la Universidad Autónoma de Baja California Sur UABCS. Estudia la diversidad de peces en los bosques de coral negro.



Adrian Munguia-Vega

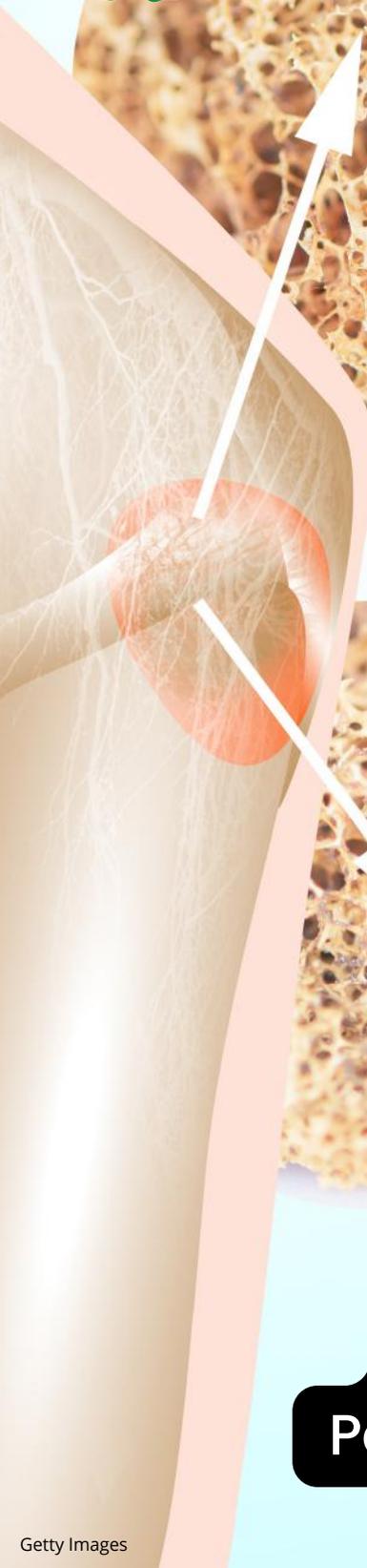
Líder del Applied Genomics Lab en México y colabora con la Universidad de Arizona en Estados Unidos. Especializado en usar herramientas moleculares para describir, conservar y manejar la biodiversidad.



Damien Olivier

Investigador por México desde 2019 en la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Especializado en la evaluación de la biodiversidad de los peces arrecifales en el Golfo de California y en los cambios espacio-temporales de la ichthyofauna.

Artículo 



Un hueso duro de ...
¿remodelar?

Abordando el
remodelado óseo

Eric Ramírez-Salazar
Patricia Salcedo-Magaña

1023



Un hueso duro de . . . ¿remodelar?



Cómo citar este artículo: Ramírez-Salazar E y Salcedo-Magaña P. 2023. Un hueso duro de ¿remodelar? Abordando el remodelado óseo. Revista Ciencia y Naturaleza 01 (1023): 37-54. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14479344>



Abordando el remodelado óseo



Pensar en los huesos nos lleva a recordar que algunas de sus funciones son: brindar protección, soporte y movilidad al cuerpo humano. Pero ¿sabías que los huesos son un tejido vivo? A diferencia de lo que se podría pensar, los huesos no son solo una estructura inanimada que da sostén, sino un tejido muy activo que se encuentra en constante remodelación, aún cuando ya hemos terminado de crecer. El remodelado óseo es un proceso que le permite a los huesos mantener su estructura y que le ayuda al cuerpo a regular los niveles de calcio si lo necesita. En este artículo se habla de este proceso, de las consecuencias que tiene su alteración y de algunos factores que pueden influir en él.



Sensvector

Desde el momento en que comienza el desarrollo embrionario y hasta que morimos, el tejido óseo se encuentra activo y, además, está inevitablemente expuesto a daños. Es por ello que, con la finalidad de que no se vea afectada la mecánica de los huesos, se cuenta con un proceso que regula la generación de hueso nuevo para sustituir aquel que se ha deteriorado o dañado. Este proceso es conocido como **remodelado óseo** y juega un papel muy importante no sólo en el mantenimiento de los huesos, sino también en el mantenimiento de los niveles en sangre de calcio y fósforo, minerales que son muy importantes para el cuerpo.



De forma general, lo que ocurre en el remodelado óseo se puede explicar fácilmente. Podemos decir que es un proceso que incluye dos eventos; el primero, corresponde a la eliminación de pequeñas porciones de hueso dañado, evento también conocido como resorción; el segundo evento sería la formación de hueso nuevo en ese mismo sitio. Si estos dos eventos se llevan a cabo de manera coordinada no habrá ningún cambio en la estructura del hueso, sin embargo, la realidad es un poco más complicada y esto no siempre ocurre así, ya que para que ocurra la eliminación y posterior formación del hueso hay más etapas en las que pueden influir diversos factores.

¿Qué es el hueso?



Antes de continuar con el remodelado óseo es necesario saber que el hueso tiene una fase, conocida como matriz orgánica, conformada por proteínas; una fase conformada por un mineral conocido como hidroxiapatita y una fase celular (Figura 1) con distintos tipos de células especializadas.

Entre las células que conforman el hueso se encuentran los **osteoclastos**, que son células multinucleadas que se encargan de eliminar el hueso viejo o dañado. Estas son formadas a partir de la fusión de osteoclastos inmaduros. En el hueso también están los **osteoblastos**, células que se encargan de formar hueso nuevo y que tienen un solo núcleo.

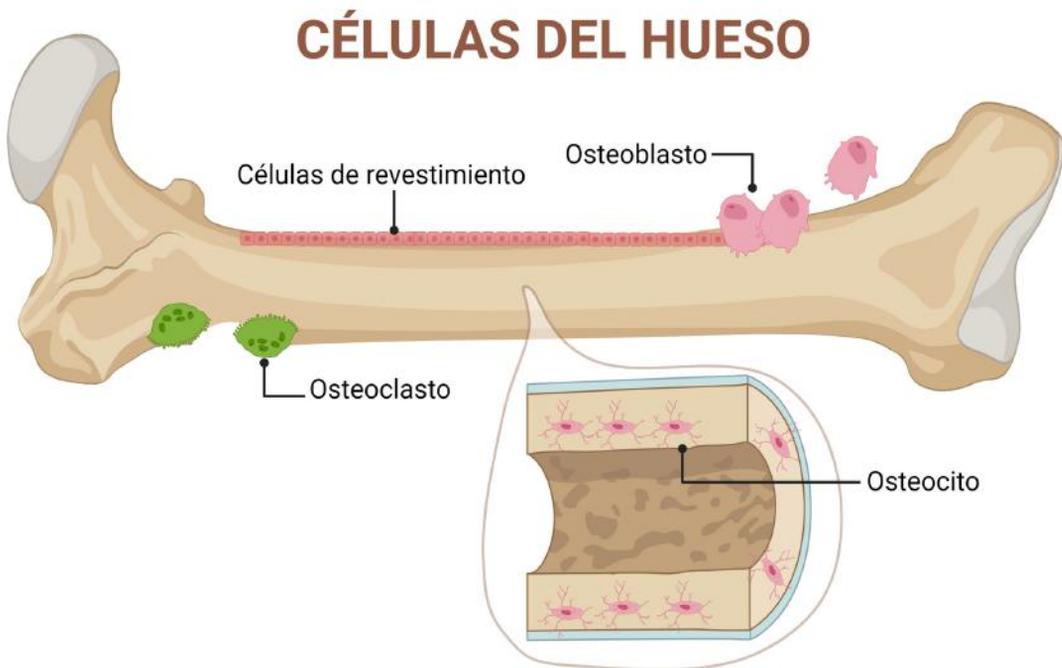


Figura 1. Células del hueso. La fase celular del hueso representa el 20% de su totalidad. Algunas tienen un solo núcleo como: los osteoblastos, los osteocitos y las células de revestimiento, mientras que los osteoclastos tienen más de un núcleo. Elaboración propia en BioRender.

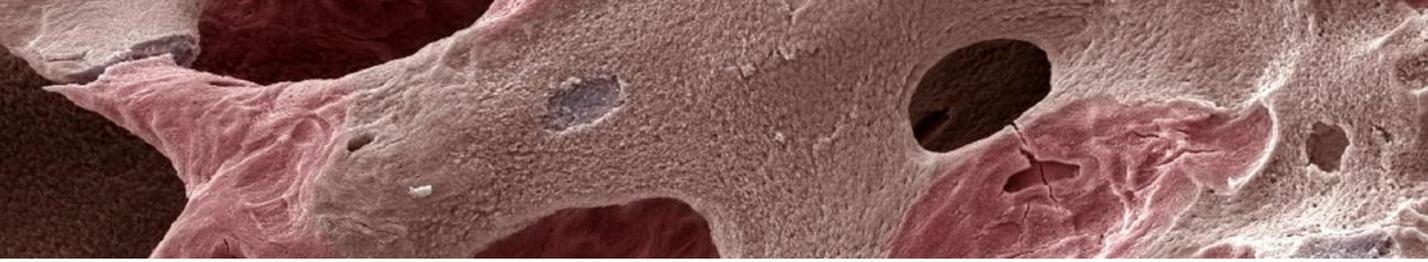


Por otra parte están los **osteocitos** que son las células más abundantes del hueso —representan hasta el 95%—, estos se forman a partir de algunos osteoblastos que quedaron atrapados dentro la matriz orgánica; tienen uniones muy estrechas entre sí y mantienen contacto con algunos osteoblastos que se encuentran en la superficie del hueso. Finalmente, en la superficie del hueso se encuentran las **células de revestimiento**, mismas que hasta ahora se piensa que se forman a partir de algunos osteoblastos. Las células de revestimiento se encuentran en reposo, a la espera de alguna señal de activación. Se sabe que todas estas células participan de alguna forma en el remodelado óseo, aunque el papel de algunas, como los osteoclastos y osteoblastos, está más claro que el de los osteocitos y las células de revestimiento.

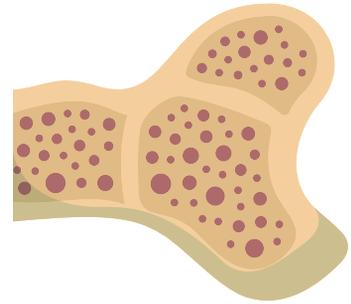
¡ Un truco mnemotécnico !

Osteoclasto es una palabra formada por dos raíces griegas, *osteon* que significa hueso y *klastes* que significa que rompe. Entonces, podríamos decir que osteoclasto significa “que rompe hueso”, saber esto nos puede ayudar a recordar la diferencia entre los **osteoclastos** y los **osteoblastos**, ya que, en un inicio, debido al parecido en el nombre de ambas células, puede haber confusión en la actividad que realiza cada una.





El remodelado óseo bajo el microscopio



Para que inicie el remodelado óseo tiene que producirse una señal química que avise que alguna parte del hueso requiere remodelado; hasta ahora se cree que son los osteocitos los que avisan a los osteoblastos (Figura 2, señal).

Después de que los osteoblastos son “notificados” se preparan para enviar una señal llamada RANK-L; esta señal les indica a los osteoclastos inmaduros cuál es el sitio que se va a remodelar para que vayan a él. Una vez que llegan ahí, esa misma señal interactúa con su receptor RANK y les permite madurar y comenzar la resorción, por lo que los osteoclastos maduros y activados liberan ácido clorhídrico para generar un ambiente ácido en el que sus herramientas de trabajo, como lo son algunas proteínas que degradan la matriz orgánica del hueso, funcionen adecuadamente (Figura 2, resorción).

Pueden pasar hasta 4 semanas para que concluya la resorción y, a su término, quedará formado un “huevo” debido a que los osteoclastos degradan el hueso; esto libera calcio, fósforo y restos de proteínas a la circulación sanguínea. Posteriormente, a este huevo conocido como **sitio de remodelación**, por efecto de otra señal, llegarán osteoblastos inmaduros y una vez que estén ahí, madurarán y se activarán para que inicie la generación de hueso nuevo (Figura 2, formación de hueso nuevo).



Lo que hacen los osteoblastos es depositar proteínas, como la colágena de tipo 1, para formar una malla **que rellena** ese hueso y así, se regenera la matriz orgánica; esto puede tardar hasta 6 meses. Finalmente, los mismos osteoblastos participan en la formación del mineral hidroxiapatita sobre esta matriz orgánica, proceso conocido como mineralización del hueso (Figura 2, hueso nuevo). Con este último paso concluye el proceso de remodelado en ese sitio.

REMDELADO ÓSEO

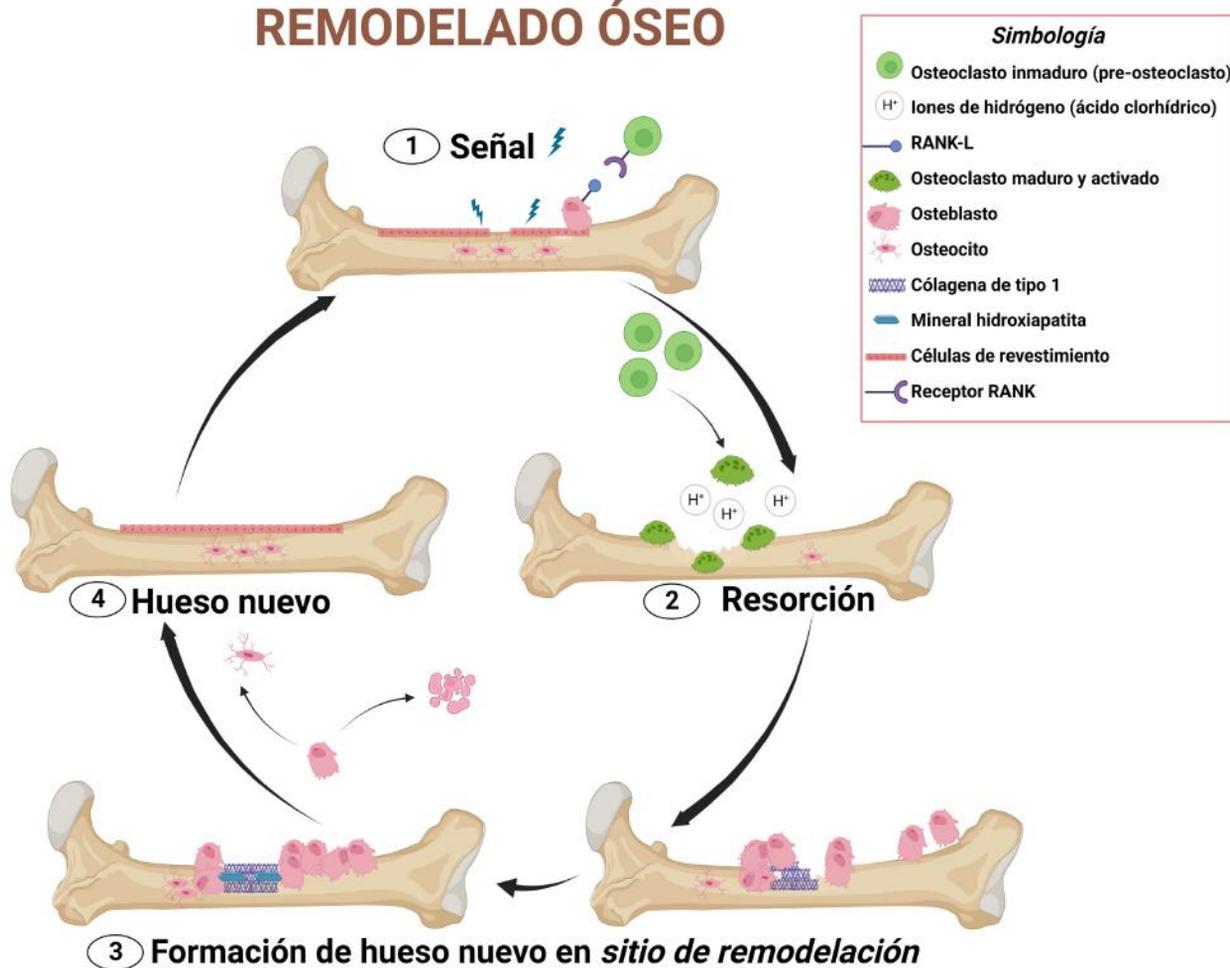
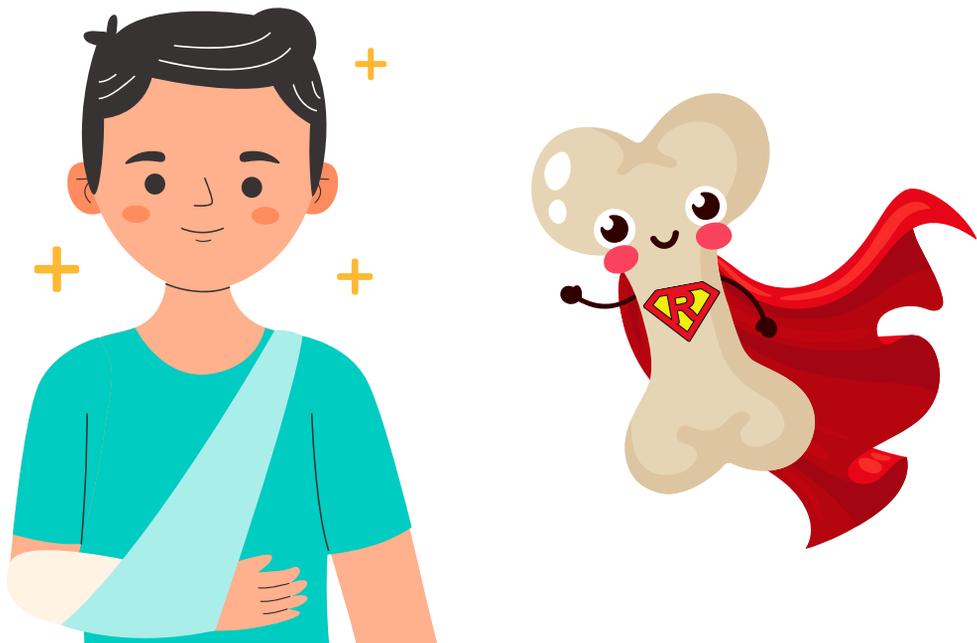


Figura 2. Remodelado óseo. Se pueden observar las diferentes etapas de la remodelación de un hueso. Elaboración propia en BioRender.com

¡ Remodelación al rescate del hueso fracturado !

El mecanismo de curación de una fractura involucra diferentes etapas en las que participan células de la sangre, del sistema inmunológico y del hueso; y distintos procesos, entre los que encontramos al remodelado óseo. 11 días después de una fractura, para unir la región dañada se forma un hueso "primario", pero la estructura de este tipo de hueso no es muy resistente debido a que se forma al azar y rápido; sin embargo, esto no provoca ningún problema ya que este hueso solo es temporal. Después de 18 días de que ocurrió la fractura, empezará una remodelación ósea a la que se le llama "remodelación acoplada" —porque los osteoclastos y osteoblastos actúan coordinadamente—. En esta remodelación los osteoclastos trabajarán en la resorción del hueso primario para que los osteoblastos coloquen hueso nuevo, pero esta vez, será hueso de tipo secundario, cuya estructura está más organizada y es más resistente; esta remodelación acoplada ocurrirá cíclicamente por muchos meses o años hasta que se recupere la estructura original del hueso.





Entonces, ¿el remodelado óseo puede fallar?

Sí, son muchos los pasos que incluye y otros tantos los factores que lo pueden afectar, así que, como todo proceso, puede sufrir fallas. De hecho, existen ciertos casos, como algunas enfermedades, o etapas de la vida, como la vejez, en las que el remodelado óseo está más propenso a sufrir alteraciones.

Es muy probable que hayas escuchado hablar de la **osteoporosis**, ya que se trata del padecimiento óseo más común en el mundo; lo que quizá no sabías es que la información con la que se cuenta hasta ahora en el mundo de la ciencia indica que esta enfermedad se presenta cuando hay un **desbalance** entre la resorción y la formación de hueso, es decir, una alteración en el remodelado óseo. Esto provoca que los huesos se vuelvan más “porosos” —de ahí el nombre de la enfermedad— y débiles, lo cual aumenta el riesgo de sufrir fracturas realizando actividades tan comunes como correr o caminar.

La **osteopetrosis** es una enfermedad que también se asocia con alteraciones en el remodelado óseo ya que, por daños hereditarios en los genes, no hay degradación de hueso viejo o dañado mientras el hueso nuevo se está formando. Como consecuencia hay un incremento en la densidad ósea, es decir, en la cantidad de minerales que se forman en el hueso, y esto provoca su deformación y el aumento en el riesgo de fracturas. A continuación, en la figura 3 se hace una comparación de la osteoporosis y la osteopetrosis.



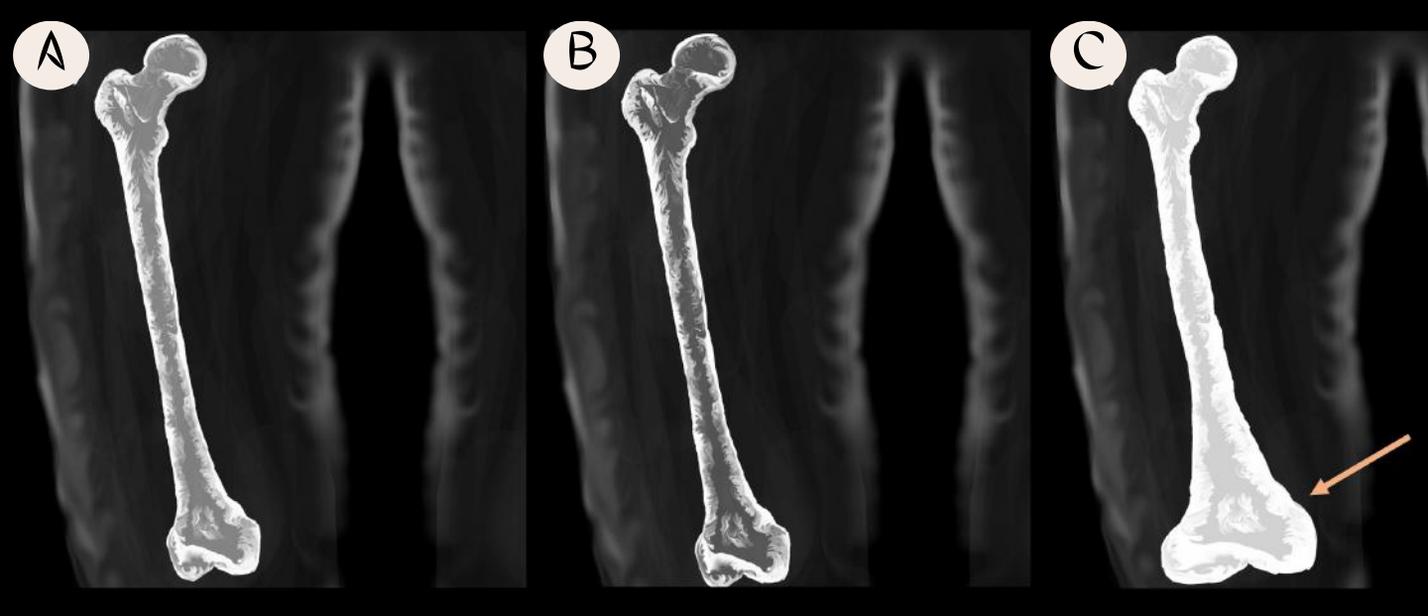


Figura 3. Comparación de Osteoporosis y osteopetrosis. En A) se puede observar un hueso fémur sano, con una porosidad normal. En B) se ve un fémur cuya porosidad está incrementada (osteoporosis) debido a una pérdida de hueso. En C) se observa un fémur con osteopetrosis que ha sufrido deformación (flecha naranja) debido a que no hay una resorción adecuada. Elaborado por Luguissama.

¿Los hábitos pueden influir en el remodelado óseo?

Los seres vivos somos, en parte, resultado de la interacción de nuestra información genética con el entorno, mismo que incluye nuestros hábitos alimentarios, de actividad física, etc.



Así, el carácter de una persona y hasta el desarrollo de algunas enfermedades —como la diabetes de tipo 2— se debe en cierto porcentaje a factores externos o ambientales. El remodelado óseo no es la excepción y es un proceso que puede modificarse por influencia de estos factores ambientales.

Es un hecho muy conocido que debemos incluir lácteos (leche, queso, yogurt) en nuestra dieta y también vegetales y carnes ricas en calcio para tener huesos sanos y fuertes, ya que el calcio se necesita para formar el mineral **hidroxiapatita**. Pero, el calcio no solo lo necesitan los huesos, también participa en la comunicación celular, en la contracción de los músculos y en la coagulación sanguínea y si no se consume adecuadamente, bajan sus niveles en la sangre y, debido a su importancia, para remediar esto se activan mecanismos que lo liberan desde su almacén más grande en el cuerpo: ¡La fase mineral del hueso! Esta liberación de calcio desde el hueso ocurre cuando los osteoclastos reciben una señal de activación. Así, inician o incrementan la resorción ósea y el calcio puede viajar por circulación sanguínea a los lugares en los que se necesita; en otras palabras, si no consumimos calcio por no tener una dieta adecuada estaremos contribuyendo a que haya un desbalance en el remodelado óseo, en el cual se favorecerá la resorción y, por tanto, el desgaste de los huesos. Esto se ilustra en la figura 4.

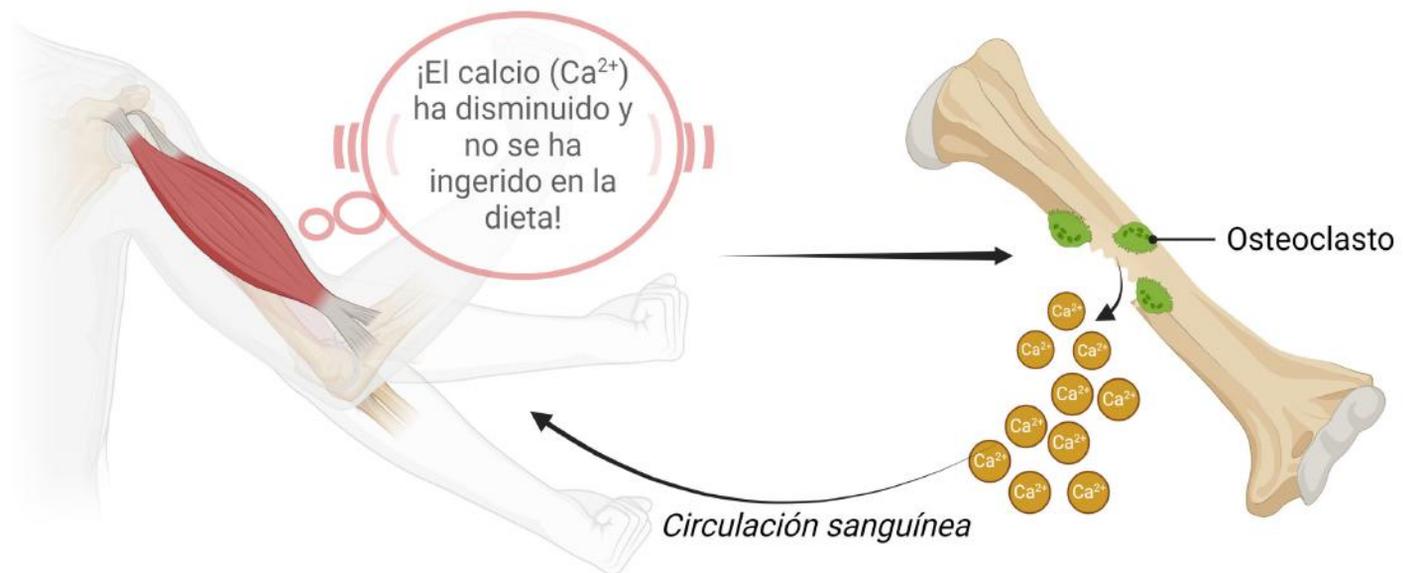
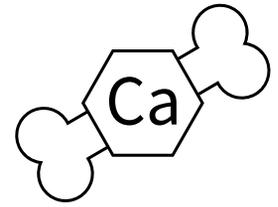


Figura 4. Liberación de calcio a circulación sanguínea. En esta figura se puede observar cómo el calcio almacenado en el mineral hidroxiapatita del hueso puede viajar a través de circulación sanguínea hasta el músculo para participar en la contracción. Elaboración propia en BioRender.com

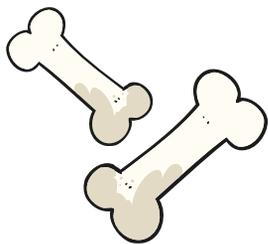


Tener buenos niveles de **vitamina D** también es importante ya que esta participa en la regulación de la resorción y en el control de los niveles de calcio, favoreciendo la absorción de este a través de los intestinos y evitando que se pierda por la orina. Adecuadas cantidades de vitamina D en el cuerpo se alcanzan al consumirla en los alimentos o al exponernos a la luz solar. Prueba de la importancia que tiene la vitamina D es que su ausencia puede provocar una enfermedad conocida como osteomalacia en adultos o raquitismo en niños, en la que, por la falta de vitamina D, el cuerpo no puede absorber calcio y en consecuencia los huesos se vuelven “suaves” porque no se puede formar el mineral hidroxapatita.



Por otra parte, como se sabe que la **actividad física** tiene amplios beneficios para la salud, se han hecho estudios para conocer los mecanismos a través de los cuales podría influir en el remodelado óseo. Hasta ahora, algunos investigadores han encontrado que podría ser que el ejercicio esté favoreciendo que los osteoblastos produzcan una proteína llamada **osteoprotegerina** que participa en la disminución de la resorción ósea, esto indicaría que sí hay efecto de la actividad física en el remodelado óseo.

Otro hábito que se ha visto que puede provocar alteraciones en el hueso es **fumar**. Se le asocia con una menor absorción de calcio en el intestino delgado y con una mayor pérdida de masa ósea, ya que, al no haber una correcta absorción de calcio, el cuerpo debe compensar sus bajos niveles y esto lo hace, nuevamente, incrementando la resorción ósea.



¡El remodelado envejece!



A menos que se trate de un padecimiento hereditario, las alteraciones en el remodelado óseo suelen presentarse o acrecentarse con **la edad**, entonces, tanto hombres como mujeres de 50 años y más, tienen mayor riesgo de padecer enfermedades como la osteoporosis; esto es posiblemente debido a la disminución de producción de vitamina D que se ha reportado en las personas de edad avanzada.

Además, aunque tanto hombres como mujeres están propensos a padecer enfermedades óseas cuando envejecen, se ha visto que **las mujeres** en etapa postmenopáusica —etapa que viene después de la menopausia o término de los periodos menstruales— **tienen un desgaste óseo de 5 a 10 años mayor que el de los hombres**. Esto es porque además de presentar alteraciones por la edad en el remodelado, las mujeres en esta etapa tienen deficiencia de estrógeno, una hormona sexual femenina que se ha visto que participa en el desarrollo de osteoblastos y, por tanto, en el remodelado óseo.

¿Cómo influye la información genética en el remodelado óseo?

En el ADN está la información genética que necesita un ser vivo para desarrollarse y sobrevivir. Entre un humano y otro hay una diferencia de entre 0.1 y 0.2% en la información genética; dentro de este porcentaje hay **variaciones genéticas** que permiten distinguir a una persona de otra y son estas variaciones las que se utilizan para identificar personas o hacer pruebas de paternidad.

Un ejemplo de esto se puede encontrar en la **variación de un solo nucleótido** en el gen A de la persona 1 (variación G/C), el cual es diferente de la persona 2 (variación T/A), tal como se muestra en la figura 5.

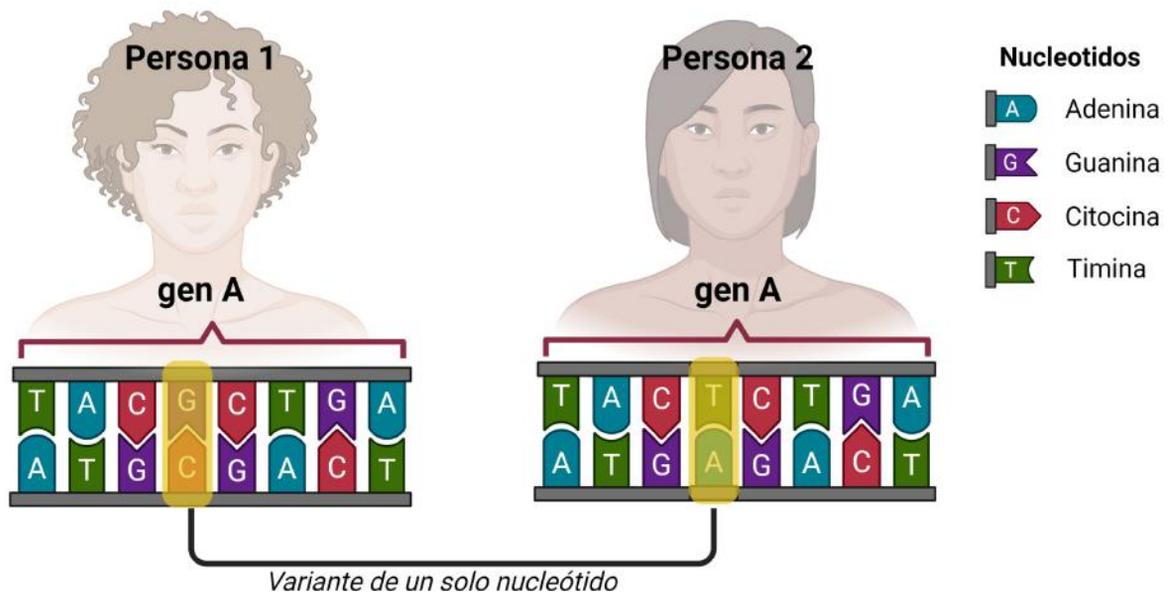


Figura 5. Variante de un solo nucleótido. Elaboración propia en BioRender.



Puede ser que esta variación no suponga ningún cambio en la función del gen, pero algunas veces este tipo de variación puede estar relacionada con el desarrollo de enfermedades o alteraciones. Investigadores mexicanos han encontrado en mujeres mexicanas con osteoporosis postmenopáusicas, variantes de un solo nucleótido en genes que participan en el remodelado óseo, y que, al parecer son la causa de la baja densidad ósea (variante en el gen LPR5) y de la baja cantidad de vitamina D (variante en el gen VDR) que presentan estas pacientes.

¿ADN basura ?

Anteriormente se creía que las secuencias de ADN no codificante, es decir, ADN que no contiene información para producir proteínas, no tenía ninguna función; de hecho, hasta llegaron a llamarle **ADN basura**. Gracias a los avances científicos, ahora se sabe que a partir del ADN no codificante se pueden generar ARNs no codificantes que participan en la regulación de la expresión de genes. Este es el caso de los micro-ARNs con un tamaño promedio de 22 nucleótidos, que regulan la lectura del ARN mensajero, que es la información que se genera cuando ocurre la transcripción. Lo que hacen los micro-ARNs es unirse a ARNs mensajeros de sus genes blanco para hacer que disminuya la síntesis de proteínas —traducción—.

Otra cuestión importante es que ahora se sabe que existen algunos ARNs sin información para proteínas, con un **tamaño promedio de 22** nucleótidos, llamados **micro-ARNs**, que participan en la regulación de la síntesis de proteínas, es decir, la traducción. Hasta ahora se han descubierto más de 2,000 micro-ARNs y se ha visto que alteraciones en los niveles de ciertos micro-ARNs se pueden asociar con algunas enfermedades. Por ejemplo, en mujeres con osteoporosis postmenopáusica se identificaron dos micro-ARNs sobreexpresados, el miR-140-3p y el miR-23b-3p, cuya sobreexpresión estaba acompañada de baja densidad ósea, lo cual podría indicar que estos micro-ARNs participan en la **regulación negativa** del proceso de formación de hueso nuevo.

Estos son algunos de los factores que influyen en el remodelado de los huesos, y aunque este no es un tema de investigación nuevo, es muy probable que falten muchos otros factores por conocer, mismos que, al igual que los que se conocen hasta ahora, permitirán aumentar la comprensión de todas las enfermedades relacionadas al remodelado óseo; y es que no debemos olvidar que solo entendiendo cómo funciona algo podremos saber qué ocurrió cuando ha dejado de hacerlo. 🍀

Para Consulta



Diabetes y osteoporosis. 2015.

https://www.osteoporosis.foundation/sites/iofbonehealth/files/2019-06/2016_Diabetes_FactSheet_Spanish.pdf



Contenido de calcio en los alimentos.

https://www.osteoporosis.foundation/sites/iofbonehealth/files/2022-10/calcium_rich_food_list_en-spanish.pdf



Centro Nacional de Información sobre la Osteoporosis y las Enfermedades Óseas. <https://www.bones.nih.gov/health-info/bone/espanol-list-page>



Unidad didáctica 6: El tejido óseo.

<https://blogs.ugto.mx/enfermeriaenlinea/unidad-didactica-6-el-tejido-oseo/>



Asociación Mexicana de Metabolismo Óseo y Mineral A.C.

<https://ammom.mx/index.html>

Crédito de imágenes en orden de aparición: Srisakorn (Getty Images), ulleo (pixabay), video-doctor (Getty Images), goodstudio, Al.Savish, jackmac34 (pixabay), Science Photo Library, Giuseppe Ramos, Malchev, sketchify, amethyststudio, sefa ozel (Getty Images Signature), kerismaker, svt design, WinWin.artlab, Vintage Medical, Giuseppe Ramos, BNPDesign Studio, goodstudio, aleutie, Lineartestpilot, Andrea Piacquadio (Pexels), Muhammet Camdereli (Getty Images Signature), Iconika Pro.



Eric Ramírez Salazar

Investigador en el Instituto Wistar,
Filadelfia, Estados Unidos.
contacto: eramirezsalazar@wistar.org



Patricia Salcedo Magaña

Química Farmacéutica Bióloga de la
Facultad de Química de la UNAM.



Líquidos iónicos para limpiar el aire que respiramos

Pedro Navarro Santos
José Luis Rivera Rojas

Líquidos iónicos para limpiar el aire que respiramos



Cómo citar este artículo: Navarro-Santos P y Rivera-Rojas JL. 2023. Líquidos iónicos para limpiar el aire que respiramos. Revista Ciencia y Naturaleza 01 (1025): 55-69 <https://doi.org/10.5281/zenodo.14479439>



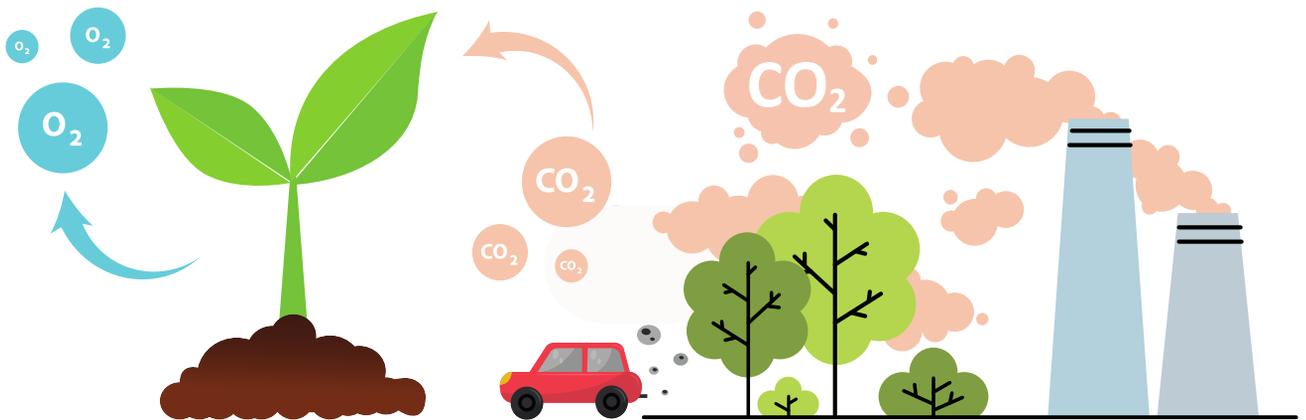


El efecto del CO₂ en la atmósfera

Al hablar de dióxido de carbono (CO₂), lo primero que pensamos es en contaminación, en particular en la quema de combustibles y los problemas ambientales que genera, sin olvidar que el CO₂ que se genera está directamente relacionado con el aumento de temperatura del planeta.



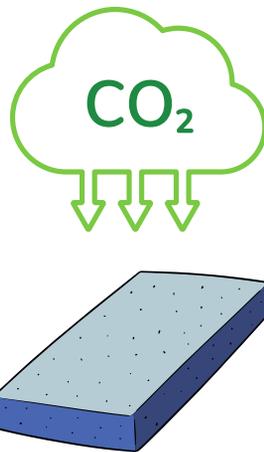
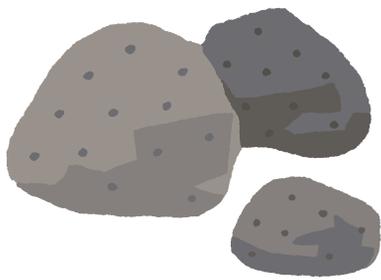
A diario, en nuestro entorno y alrededor de todas las manchas urbanas del mundo, se queman grandes cantidades de combustibles, con la finalidad de obtener energía en sus diferentes formas. En los últimos siglos, hemos quemado tanto combustible que hemos logrado cambiar la composición de la atmosfera, es decir, hemos alterado sensiblemente el aire que respiramos.



En realidad, la producción de CO_2 , no solo tiene consecuencias ambientales negativas, también hay positivas, la energía que se obtiene de la quema de combustibles sirve para hacer funcionar muchas de las máquinas y dispositivos que empleamos en nuestra vida diaria. Además, mucho del CO_2 producido no se acumula en la atmosfera, lo utilizan las plantas en la tierra y los océanos para producir el oxígeno que respiramos. El proceso por el cual se podría decir que se alimentan las plantas es llamado **fotosíntesis**. Este proceso toma como alimento el CO_2 y agua, produce azúcares y oxígeno, los cuales, el oxígeno es expulsado al aire, y los azúcares son luego transformados para formar diversos componentes dentro de las plantas.



Nuestra atmósfera está constituida principalmente por oxígeno (20.95%) y nitrógeno (78.08%). Usando mediciones tomadas en 2018, se ha encontrado que, desde el comienzo de la era industrial a la actualidad, la concentración de CO_2 casi se ha duplicado (pasando de una concentración de alrededor de 280 a 415 partes por millón), aún con este aumento, la cantidad presente de CO_2 en la atmosfera se encuentra en concentraciones muy pequeñas, menores a 0.1% del aire en la actualidad. A pesar de su baja concentración, el CO_2 tiene la propiedad de retener mucho más calor que el oxígeno o nitrógeno, alterando así toda la atmósfera y, como consecuencia, genera los problemas ambientales asociados al cambio climático, como el efecto invernadero con su calentamiento global, el derretimiento de los polos, la subida del nivel del mar con la perdida de tierras, entre otros.

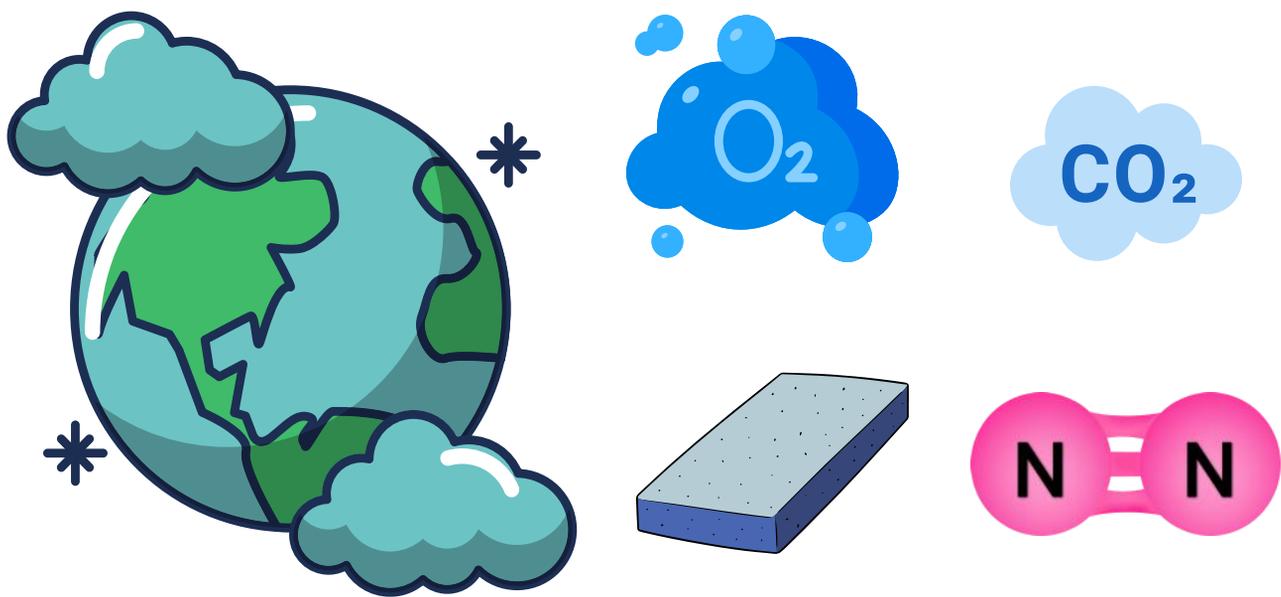


Capturando CO_2

En vista de lo anterior, los científicos se han enfocado en capturar el CO_2 mediante el uso de nuevos materiales. En un primer paso, se pensó en replicar a la naturaleza, capturando y almacenando el CO_2 en los poros o huecos muy pequeños que contienen las superficies de muchos materiales tanto de origen natural o sintetizados en laboratorio para mejorar sus capacidades de almacenar CO_2 .



Residuos de minería que contienen silicatos de magnesio como la olivina y la serpetina capturan y almacenan CO_2 en sus poros, una vez que los poros están saturados con CO_2 , estos materiales se pueden almacenar en minas fuera de servicio. Un tipo de mineral llamado "zeolita", pueden capturar y almacenar cantidades considerables de CO_2 , y lo pueden liberar fácilmente para que se pueda almacenar en tanques en forma más o menos pura para su posterior aprovechamiento.



El problema de la captura de CO_2 en los materiales porosos, es que estos materiales también capturan oxígeno y nitrógeno, por lo que, la búsqueda de materiales que puedan capturar CO_2 de forma más efectiva y económicamente viable está en auge. La consideración económica para resolver este problema es importante, ya que solo serán viables aquellos procesos que puedan obtener algún provecho económico del CO_2 capturado. Sin un beneficio económico, sería muy difícil que una compañía o gobierno promueva este tipo de iniciativas dados los enormes costos en equipo y operación de este tipo de procesos.

La estructura del CO₂

Desde el punto de vista químico, el CO₂ posee una estructura simétrica donde el átomo central es el carbono y se encuentra entre dos átomos de oxígeno a la misma distancia, formando una estructura lineal (Figura 1).

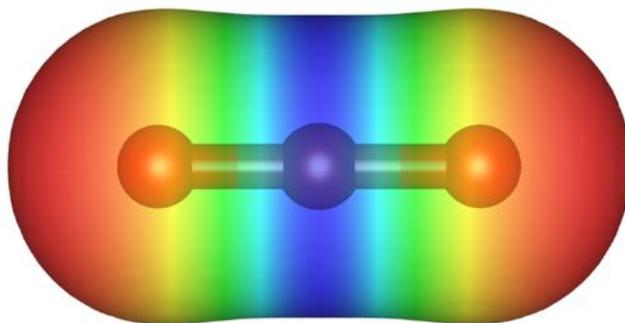


Figura 1. Potencial electrostático molecular del CO₂. Las zonas azules representan regiones deficientes de densidad electrónica y las rojas representan regiones donde la molécula tiene exceso de carga electrónica y es donde se encuentran sus pares de electrones libres. Las regiones en amarillo o verde representan zonas mínimamente deficiente o abundante en carga electrónica.

La estructura de la molécula de CO₂ tienen regiones características, con regiones donde los electrones prefieren (o no prefieren) navegar, y producen exceso o deficiencia de carga electrónica. En el CO₂ la región central del carbono es deficiente en carga electrónica, mientras que hay exceso en la parte externa de los oxígenos. Por esta razón se ha pensado que un buen material para capturar CO₂ debería contener también regiones características que atraigan las zonas ricas y pobres en carga electrónica en el CO₂, respectivamente.

Los aniones y cationes son iones, compuestos que han perdido (cationes) o ganado (aniones) electrones a través de alguna reacción química, esto hace que sean deficientes (cationes) o ricos (aniones) en carga electrónica. Un catión podría atraer las regiones donde hay exceso de carga electrónica en el CO₂ (oxígenos), mientras que un anión atraería las regiones donde hay deficiencia en carga electrónica, como la región central del carbono; el resto de la estructura de CO₂ es mínimamente deficiente o abundante en carga electrónica y no será atraída particularmente por algún ion.



Los líquidos iónicos

Los líquidos iónicos son un tipo de material que ha sido investigado recientemente y como su nombre lo indica, están formados por pares de iones (cationes y aniones) que están en fase líquida, al menos a temperatura (25°C) y presión ambiente (1 atmosfera). Los líquidos iónicos están constituidos mayoritariamente por iones con unas cuantas impurezas, y contienen tantos aniones como cationes para mantener el líquido estable. En la Figura 2 se muestran algunas familias de iones y cationes junto con su nombre científico, que se pueden combinar para formar múltiples líquidos iónicos, con propiedades diferentes.

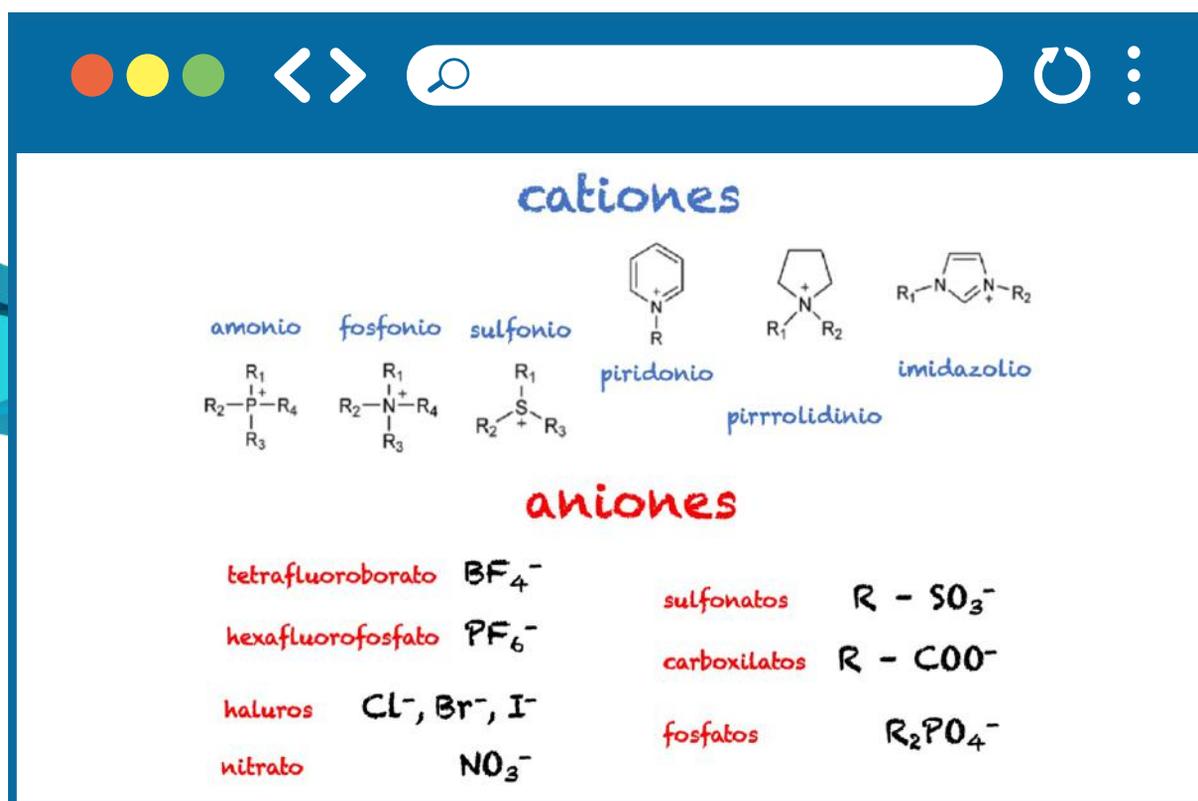
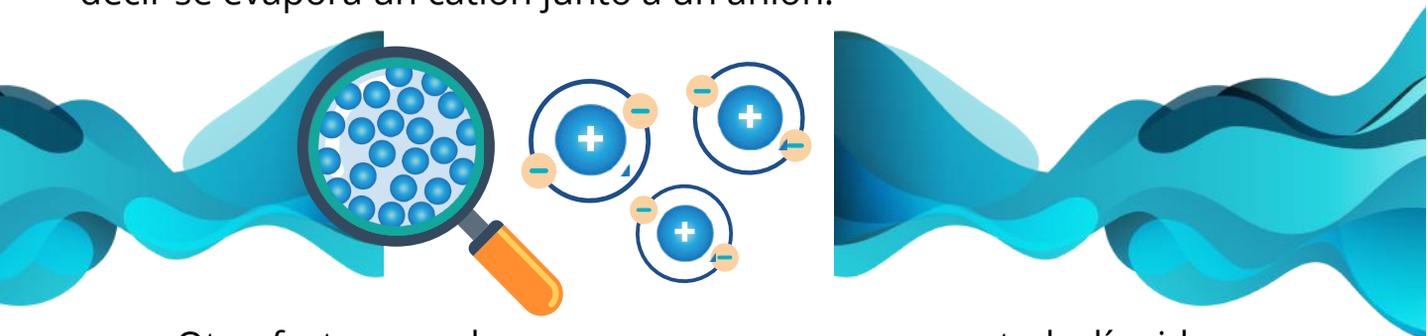


Figura 2. Estructuras de familias de aniones y cationes. Se pueden conjuntar para formar líquidos iónicos. Los grupos R pueden representar átomos de hidrógeno o cadenas de hidrocarburos de tamaños diversos.



Existen otros sistemas más simples formados por iones y que conocemos en forma habitual, por ejemplo, las sales inorgánicas como la sal común o sal de cocina (cloruro de sodio). Al igual que los líquidos iónicos, las sales inorgánicas pueden coexistir en forma líquida, pero se requieren temperaturas muy altas, a miles de grados centígrados, comúnmente encontrados en ambientes extremos como el sol, o en los motores de combustión de los cohetes espaciales, su estado sólido hace que las sales inorgánicas sean poco útiles a condiciones ambientales.

Los líquidos iónicos mantienen su estado líquido a temperatura ambiente debido a que las mezclas de cationes y aniones en los líquidos iónicos producen atracciones muy fuertes entre los pares de iones. Incluso más fuertes que las que presentan los líquidos de compuestos puros como las del agua y los alcoholes. Cuando los líquidos iónicos se logran evaporar a temperaturas altas, se evaporan por pares de iones, es decir se evapora un catión junto a un anión.

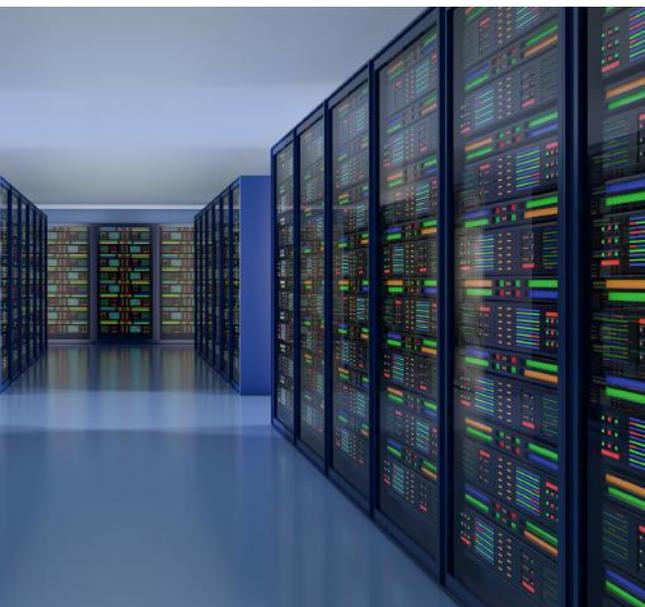


Otro factor que hace que permanezcan en estado líquido es que están formados por cationes y aniones con tamaños de estructura diferente, con cationes muy grandes conteniendo decenas de átomos y pequeños aniones conteniendo unos cuantos átomos, o viceversa. El ion más pequeño permanece cerca del ion más grande debido a las fuertes interacciones entre ellos, pero la diferencia en tamaños hace que el ion pequeño no se encuentre en una posición fija, sino que anda bailando cerca del ion grande. Estos dos factores hacen que las mezclas de iones no se acomoden para formar estructuras muy ordenadas como las que se presentan en los sólidos.



Captura de CO₂ con líquidos iónicos

Utilizando la técnica de Dinámica Molecular es posible estudiar las propiedades de un sistema compuesto por moléculas, átomos o iones y explorar sus propiedades durante un periodo de tiempo en la escala hasta de microsegundos. La Dinámica Molecular trata de imitar como se mueven los átomos reales en muestras muy pequeñas formadas hasta por unos cuantos millones de átomos, esto lo hace a través del uso de computadoras donde programas de cómputo almacenan las posiciones, velocidades y fuerzas que sienten los átomos de la muestra durante un periodo de tiempo. Las posiciones y velocidades cambian en el tiempo de acuerdo con las fuerzas que sienten los átomos en un instante dado. Las fuerzas son calculadas con ecuaciones como la Ley de Coulomb que nos permite calcular la fuerza que sienten dos partículas iónicas, las cuales están cargadas positiva o negativamente, y la fuerza con que se atraen o se repelen es función de la carga de los sitios y de la separación entre ellos. Las posiciones, velocidades y fuerzas son almacenados por periodos que nos permiten calcular las distintas propiedades de los sistemas.



El uso de la Dinámica Molecular requiere infraestructura de cómputo de gran poder de procesamiento para evaluar los eventos a nivel atómico que suceden en el sistema de estudio, donde sistemas de cómputo con múltiples procesadores, auxiliados por unidades graficas de procesamiento, trabajan al mismo tiempo para simular un sistema, a veces durante periodos de varios meses las 24 horas del día.

Aplicando la Dinámica Molecular hemos estudiado la superficie de algunos líquidos iónicos para evaluar la capacidad que tienen para capturar CO_2 , encontrando que los iones que componen el líquido iónico se organizan muy diferente a lo que esperaríamos en un líquido común como el agua o sus mezclas con otros fluidos simples. En la parte más externa del líquido, en la superficie de este, se forma una capa constituida principalmente por cationes (Figura 3), un poco más profundo se encuentra una capa rica en aniones y abajo de está, una región homogénea de aniones y cationes. Entre la capa rica en cationes y la capa rica en aniones se crean las condiciones ideales para atrapar las moléculas de CO_2 , el cual se va acumulando hasta que el líquido iónico se satura de éste, para posteriormente regenerar el líquido iónico por un proceso de calentamiento para liberar el CO_2 atrapado.

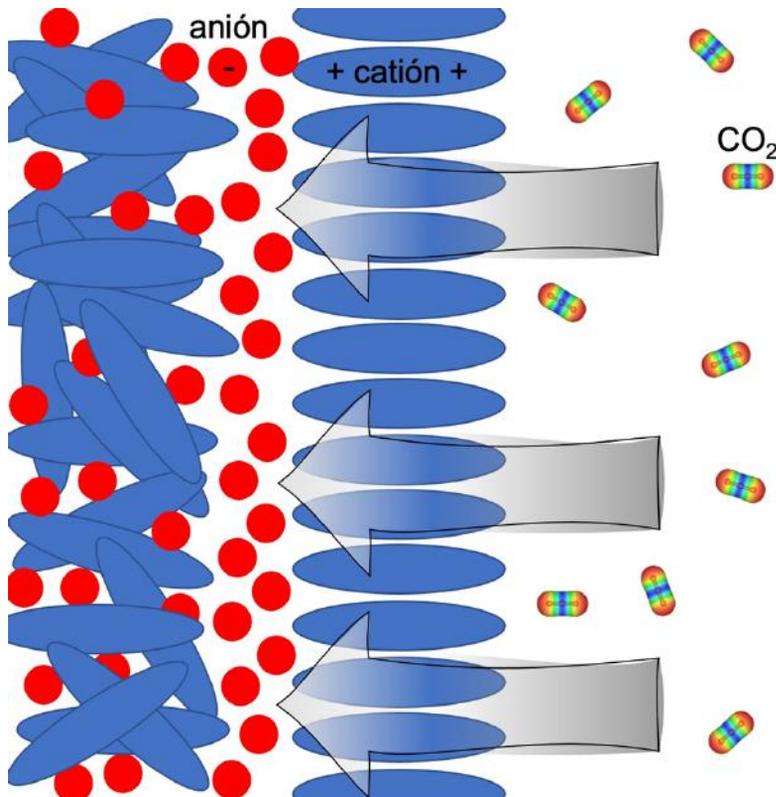


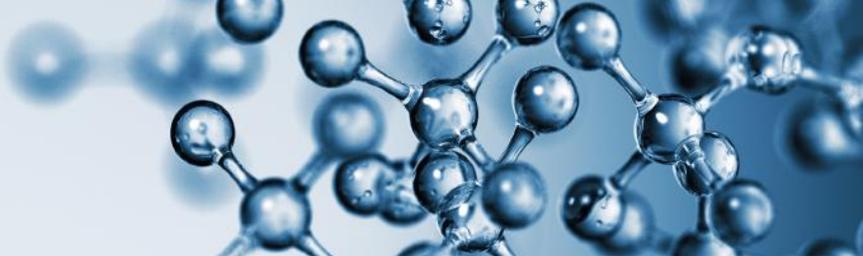
Figura 3. Líquido iónico en contacto con un medio gaseoso formado por moléculas de CO_2 . El CO_2 de la atmósfera fluye del medio gaseoso hacia el interior del líquido iónico, donde se captura en la parte más externa del líquido iónico, la cual está formada por dos capas, una rica en cationes (la más externa) seguida de una rica en aniones, y después de esta existe una región homogénea de cationes y aniones. Los óvalos pequeños representan las moléculas de CO_2 , mientras que los largos a los cationes, y las esferas rojas a los aniones.



Para facilitar la captura de CO_2 , experimentalmente los líquidos iónicos son mezclados con diversos soportes que facilitan su manejo, por ejemplo, pueden ser soportados en espuma de poliuretano, un material muy usado como relleno en muebles y como aislante térmico en la construcción. Experimentos en un ambiente hecho de puro CO_2 sin oxígeno ni nitrógeno, ha encontrado que cada gramo de la mezcla de líquido iónico compuesto por el par de iones $[\text{BMIM}^+]$ y $[\text{Cl}^-]$, llamado cloruro de 1-butil-3-metilimidazol, mezclado con poliuretano llega a capturar hasta 0.425 gramos por gramo de la mezcla de líquido iónico con poliuretano, es decir, captura tanto CO_2 como casi la mitad de su peso original. Este proceso de captura es muy similar al que ocurre a una esponja seca cuando la ponemos en contacto con agua, la esponja captura agua en sus poros y al momento que la sacamos del agua se lleva una cantidad considerable de agua con ella.

Esta captura considerable de CO_2 con líquidos iónicos se obtiene mezclando 15% de líquido iónico y 85% de espuma de poliuretano en peso, el CO_2 capturado puede ser liberado posteriormente para que la mezcla de líquido iónico con poliuretano pueda ser reutilizada.

El catión $[\text{BMIM}^+]$ tiene una estructura basada en el imidazol que ha perdido un electrón y contiene dos cadenas de alcanos lineales con 1 y 4 carbonos. El imidazol forma parte de la estructura del aminoácido esencial histidina, mientras que los alcanos lineales se encuentran comúnmente en productos del petróleo. La parte aniónica del líquido iónico consiste en el anión $[\text{Cl}^-]$ que es un átomo de cloro que ha ganado un electrón. En experimentos en un ambiente formado de CO_2 y metano como aquel que se produce exactamente después de salir de un horno de quemado, pero antes de ser liberados los gases de CO_2 y metano no quemado a la atmósfera, se encontró que el CO_2 es preferentemente capturado por líquidos iónicos, en comparación con una cantidad mínima de metano capturado, lo que nos permite capturar el CO_2 antes de que se mezcle con los gases de la atmósfera y esto nos permite reciclar el metano que no se quema.



La captura de CO_2 con líquidos iónicos se vislumbra como una ruta muy prometedora para separarlo preferentemente, ya que explota las diferencias marcadas entre las zonas ricas y deficientes en electrones del CO_2 , estas zonas son diferentes en los principales componentes que forman la atmósfera (oxígeno y nitrógeno), que también forman moléculas lineales, pero ya que solo contienen dos átomos muy cercanos, por lo que se restringe el acceso a las zonas deficientes en carga electrónica. Futuros experimentos probarán estos argumentos, y determinarán la eficiencia y preferencia del CO_2 hacia estos líquidos en un ambiente más realista, como el de nuestra atmósfera formada principalmente por oxígeno y nitrógeno, contaminada con cantidades muy pequeñas de CO_2 .



Los resultados teóricos del estudio de Dinámica Molecular que describen las propiedades interfaciales de diversos líquidos iónicos para la captura selectiva de CO_2 son parte de la aportación social del conocimiento del grupo de investigadores de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en la cual el coautor del Programa Investigadores por México contribuyó en la parte de los cálculos computacionales.



Mediante este tipo de estudios es posible explorar materiales para proponer posibles soluciones a problemas ambientales como la captura selectiva de contaminantes, pero estas soluciones son de desarrollo reciente, y como cualquier otro desarrollo tecnológico, tardan años en ser llevadas a una etapa que se considere madura para poder emplearse en procesos industriales. Cuando estas soluciones tecnológicas sean puestas a trabajar para limpiar el aire que respiramos, se espera que estos líquidos iónicos no solo eliminen el CO_2 del aire que respiramos, tal vez también lleguen a eliminar otras partículas contaminantes problemáticas, como son las partículas pequeñas de diámetro menor a 2.5 micrómetros (1 micrómetro equivale a un metro dividido en 1 millón de partes) llamadas PM2.5, las cuales son comúnmente mencionadas en los reportes de contaminación diarios y resultan principalmente de la quema del combustible diésel en los camiones.

Aunque su tamaño es mayor que el de una molécula de CO_2 , las partículas PM2.5 son peligrosas porque son muy tóxicas, logran pasar muchos de los filtros naturales del cuerpo humano, llegando profundamente dentro de los pulmones y hasta el torrente sanguíneo. 

Crédito de imágenes en orden de aparición: Bulat Silvia, iSailorr (Getty Images, GI), pepifoto (Getty Images Signature, GIS), Pixource (Pixabay, P), thiptisland, Tatiana Serova, popcornarts, pavelnaumov, Nikita_H (P), Sketchify, ourlifelooklikeballon, Isen Alejo, PiotrZakrzewski (P), iconsy, dreamicons, icons8, Pakawat, Pexels, Felicia Smith, Maryna Stryzhak, Billion Photos, vasabii, Sylph Creatives, Keenam's Images, funky-data (GI), guaschfotografic, arsgera, Siraphol, samafoto (GI), BlackJack3D (GIS), Lhaiza Morena, sweet pocket (Emily_XXX), Pobytov (GIS), nicolas_(GIS), 200mm (GI), frentusha (GI), Magtira Paolo (Sketchify Education), Giuseppe Ramos.

Para Consulta

-  Rivera JL, Molina-Rodríguez L, Ramos-Estrada M, Navarro-Santos P, Lima E. 2018. Interfacial properties of the ionic liquid [bmim][triflate] over a wide range of temperatures. RSC Advances 8:10115–10123. <https://doi.org/10.1039/C8RA00915E>
-  Arroyo-Valdez JA, Viramontes-Gamboa G, Guerra-Gonzalez R, Ramos-Estrada M, Lima E, Rivera JL. 2021. Cation folding and the thermal stability limit of the ionic liquid [BMIM+][BF4-] under total vacuum. RSC Advances 11:12951-12960. <https://doi.org/10.1039/D1RA00741F>
-  Fernández-Rojas M, Pacheco-Miranda L, Martínez-Ramírez A, Pradilla-Quintero K, Bernard F, Einloft S, Carreño-Díaz LA. 2017. New Biocomposites Based on Castor Oil Polyurethane Foams and Ionic Liquids for CO₂ Capture. Fluid Phase Equilibria 452:103–12. <https://doi.org/10.1016/j.fluid.2017.08.026>
-  Li J, Hitch M. 2016. Carbon dioxide adsorption isotherm study on mine waste for integrated CO₂ capture and sequestration processes. Powder Technology 291: 408-13. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2015.12.011>



Pedro Navarro Santos

Catedrático del Programa “Investigadoras e Investigadores por México” comisionado al Instituto de Investigaciones Químico – Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Sus líneas de investigación se basan en la aplicación de técnicas químico computacionales para el estudio de propiedades fisicoquímicas de sistemas nanométricos y reactividad intrínseca de moléculas orgánicas.

contacto: pnavarrosa@conacyt.mx



José Luis Rivera Rojas

Ingeniero químico y maestro en ciencias químicas por la Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa y doctor en ingeniería química por The University of Tennessee – Knoxville. Responsable del Laboratorio de Simulación Molecular en la Facultad de Ciencias Físico – Matemáticas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

SUBSCRIBE 



Cómo citar este artículo: Pérez-Sansalvador JC. 2023. Fractales. Revista Ciencia y Naturaleza 01 (1021): 70. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14479868>



Revista



Ciencia
y Naturaleza



www.revistacyn.com



**¡Únete a nuestra
comunidad!**

**No te pierdas las últimas
Publicaciones**

¡Siguenos en Redes Sociales!

