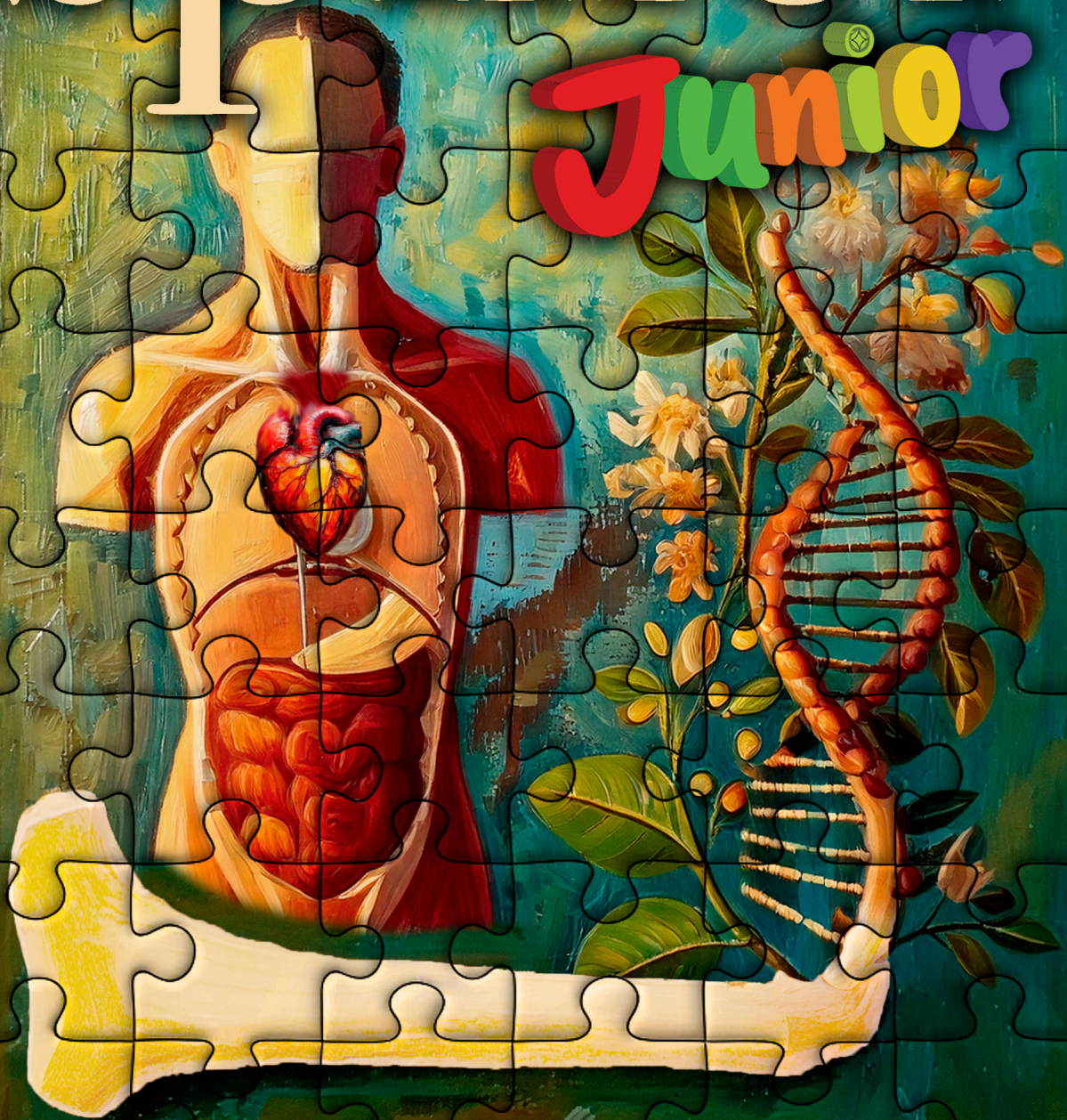


# Spinor

## Junior



- ¡Está vivo, está vivo!
- Historias de arte
- ¿Cómo sé quién es mi familia?
- Paleontología
- La Biotecnología y su enorme potencial para reinventar y comprender a la naturaleza

# Directorio

**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**Rectora**

Dra. Ma. Lilia Cedillo Ramírez

**Secretario General**

Mtro. José Manuel Alonso Orozco

**Vicerrector de Investigación y Estudios de Posgrado**

Dr. Ygnacio Martínez Laguna

**Directora de Estudios de Posgrado**

Dra. Yadira Navarro Rangel

**Directora de Investigación**

Dra. Ma. Verónica del Rosario Hernández Huesca

**Director de Divulgación Científica**

Dr. Arturo Fernández Téllez

## CONSEJO EDITORIAL

**Editor responsable:**

Dr. Arturo Fernández Téllez  
Dirección de Divulgación Científica

**Editor:**

Biol. A. Eduardo Pineda Villanueva  
Dirección de Divulgación Científica

**Revisora:**

Mtra. María Yadira Rosas Bravo

**Diseño gráfico:**

Mtro. S. Eduardo Condado Picazo  
Mtro. J. Daniel Arenas Balderas  
Centro de innovación y creatividad

# Carta de presentación

La segunda entrega del suplemento Spinor Junior constituye una colección de artículos escritos y pensados para nuestro público lector más pequeño en edad, pero más grande en imaginación y alegría por aprender nuevas cosas cada día.

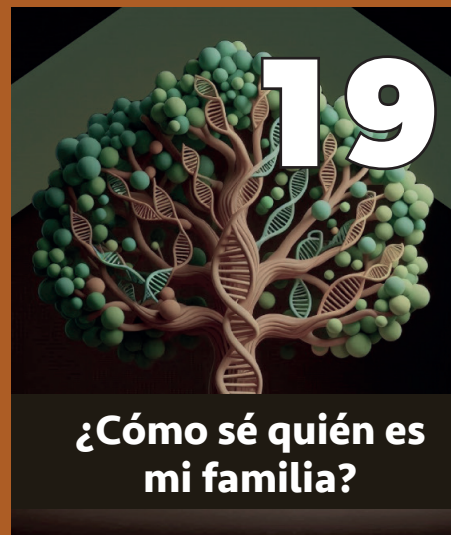
En este nuevo volumen encontrarás la forma de entender los procesos del cuerpo humano desde el funcionamiento de los órganos (fisiología) y como ejemplo conocerás al corazón, también explorarás la vida en el pasado a través de la paleontología, los usos de las herramientas biológicas en la biotecnología e indagarás en el fascinante mundo de la genética, en el que podrás descubrir que el quehacer de la ciencia se parece mucho al quehacer de los investigadores como Sherlock Holmes y que hacerte preguntas es “elemental mi querido Watson”.

En este número de Spinor Junior incluimos un artículo maravilloso sobre historia del arte, y ¿sabes por qué? Pues porque la sensibilidad artística es clave en el desarrollo humano y deseamos profundamente que crezcas en conocimientos de todo tipo, que veas, desde esta edad, que las humanidades y las ciencias caminan juntas para que así nada humano te sea ajeno.

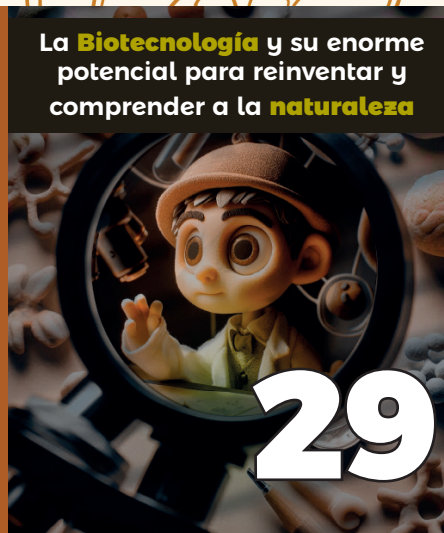
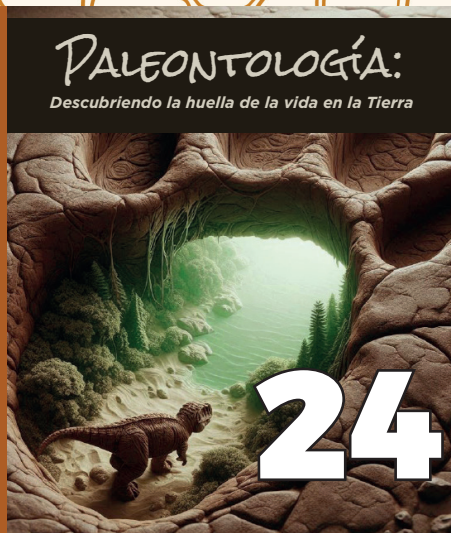
El equipo de autores, diseñadores, editores y promotores de Spinor Junior, deseamos que disfrutes esta entrega y que nos escribas, que converses con nosotros y que aprendas que leer es dialogar con los autores.

Te damos la bienvenida a un viaje más en el profundo y amplio mar del conocimiento.

**Eduardo Pineda**  
**Coordinador editorial**

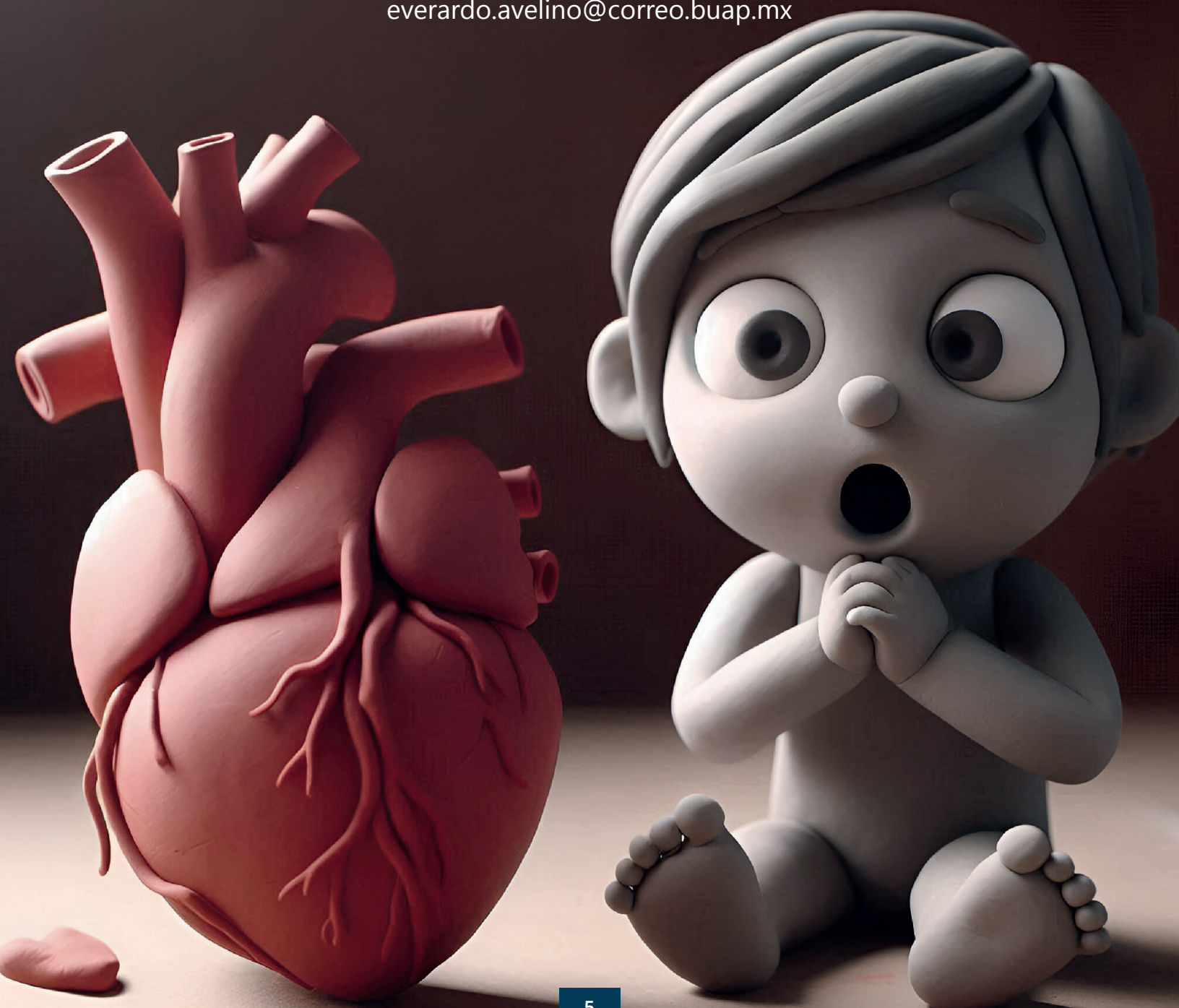


# CONTENIDO



# ¡ESTÁ VIVO, ESTÁ VIVO!

José Everardo Avelino Cruz  
everardo.avelino@correo.buap.mx



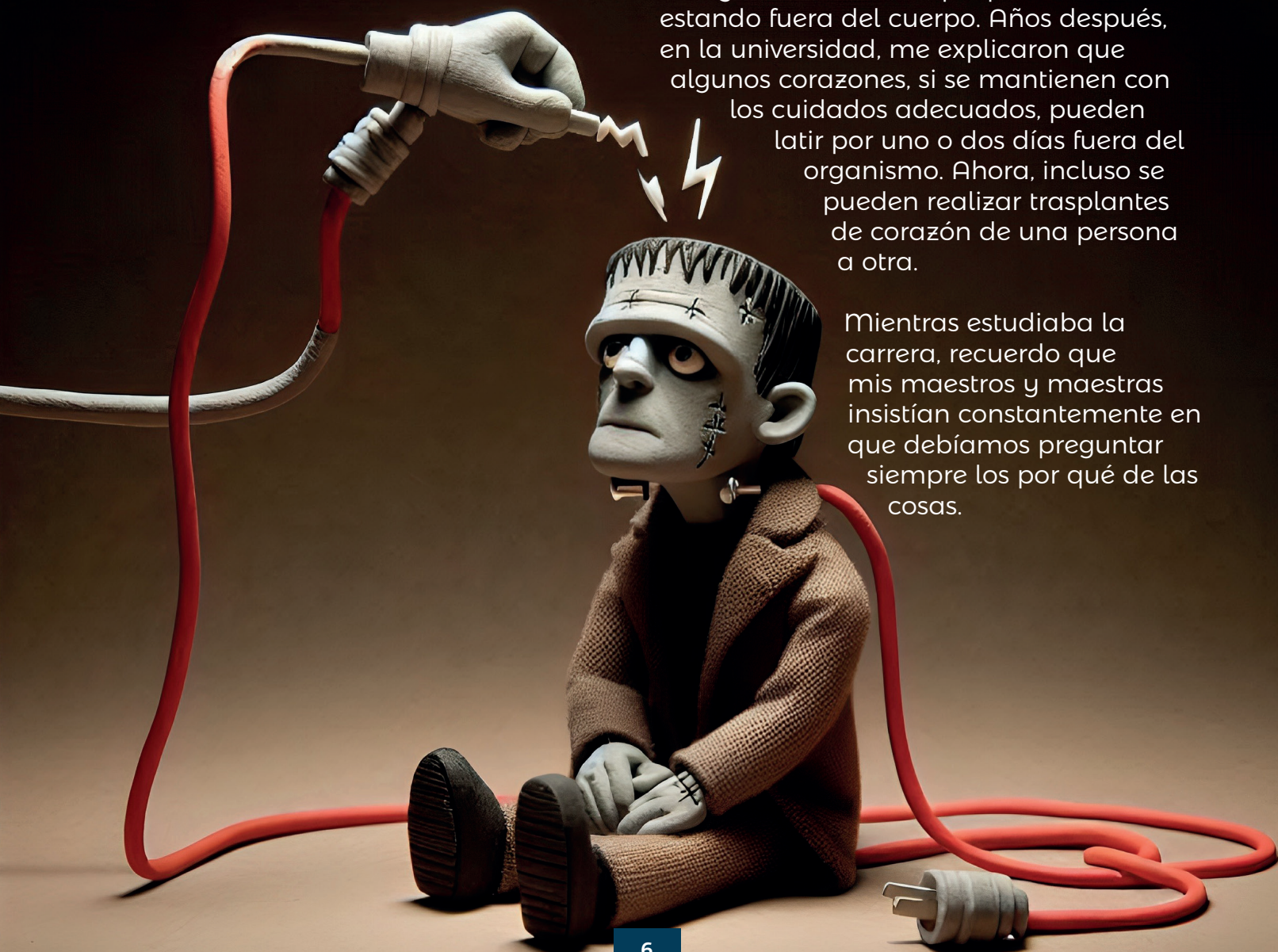
“¡Está vivo, está vivo!”, recuerdo que gritaba el doctor Frankenstein cuando daba vida a ese monstruo, construido con restos de otros seres. Era la escena de una película en blanco y negro que vi cuando era un niño.

**E**n Bolonia, desde 1773, un médico italiano, Luigi Galvani, trabaja en experimentos con electricidad en los cuales, aplicaba una corriente eléctrica a la pata de una rana y, aunque esta estaba separada del resto del cuerpo, se movía como si la rana saltara. Estos experimentos le llevaron a proponer que los animales tienen una “electricidad

interna”, generada en el cerebro y distribuida a los músculos a través de los nervios. Galvani estaba sugiriendo las bases de lo que hoy conocemos como electrofisiología. Tiempo después, su nieto, Giovanni Aldini, siguió sus investigaciones y dio inspiración a la escritora Mary Shelley para la invención de Frankenstein. Aquel monstruo de la película que vi cuando era niño.

La primera vez que vi un corazón latir fue en una película de terror y me pareció bastante inquietante, pues el corazón estaba en una charola de disección. En aquel entonces, no sabía que el corazón tiene la capacidad de contraerse por sí solo y mucho menos que puede hacerlo estando fuera del cuerpo. Años después, en la universidad, me explicaron que algunos corazones, si se mantienen con los cuidados adecuados, pueden latir por uno o dos días fuera del organismo. Ahora, incluso se pueden realizar trasplantes de corazón de una persona a otra.

Mientras estudiaba la carrera, recuerdo que mis maestros y maestras insistían constantemente en que debíamos preguntar siempre los por qué de las cosas.



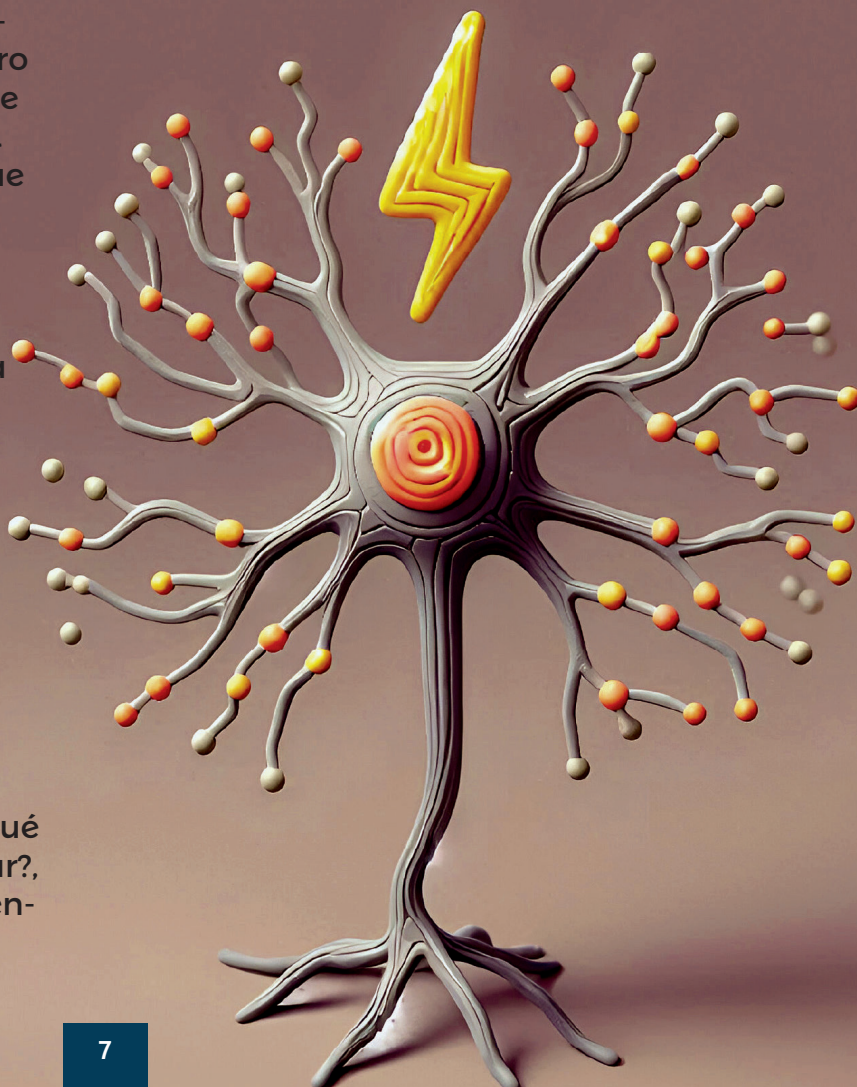


tados sin esfuerzo? ¿Te has detenido a pensar por qué no dejamos de respirar, incluso cuando no estamos conscientes de ello? ¿Qué sucede en nuestro cuerpo después de comer? ¿Por qué nos ponemos nerviosos en determinadas situaciones? ¿Por qué cuando bostezas, la persona que te ve también lo hace? ¿Cómo sabemos dónde estamos, recordamos un camino, o por qué sentimos frío, calor o dolor? ¿Por qué algunos alimentos nos desagradan mientras otros nos encantan? ¿Por qué tenemos sueño de noche? ¿O por qué ciertos olores nos resultan desagradables?

Ahora sabemos que nuestros cuerpos están hechos de células, y que estas, a su vez, provienen de otras. Y que, en efecto, sí existe una electricidad interna, quizás no como la proponía Galvani, pero sí como resultado de la separación de partículas cargadas —iones—, entre el interior y exterior de las células, lo que crea una especie de pequeñas baterías.

Las células del cerebro, llamadas neuronas, se comunican entre sí, generando actividad eléctrica que viaja a lo largo de su superficie. Cuando una célula no hace contacto con otra, aun así se pueden comunicar a través de pequeñas moléculas químicas a las que se les llama neurotransmisores. A su vez, esos neurotransmisores, harán que en otras células se genere actividad eléctrica y así el mensaje continúe su recorrido.

¿Alguna vez te has preguntado por qué podemos mover una mano o caminar?, o ¿por qué podemos estar de pie o sen-



Bueno, estas y otras muchas preguntas pueden ser respondidas a través de la fisiología. Según el diccionario de la Real Academia Española, la fisiología es la “Ciencia que tiene por objeto el estudio de las funciones de los seres orgánicos”. De acuerdo a Claude Bernard, considerado el padre de la fisiología experimental, la fisiología es “el conocimiento de las causas de los fenómenos de la vida en el estado normal”. Es decir, con la fisiología podemos saber el porqué de las cosas que suceden en los seres vivos.

Los primeros trabajos sobre la fisiología iban de la mano con los estudios anatómicos. Inicialmente, las explicaciones que se daban sobre el funcionamiento del cuerpo humano eran místicas y asociadas con lo divino. Después vinieron los estudios anatómicos en los cuales se describía el cuerpo humano y se comparaba con el de otros organismos. Luego, los estudios experimentales empezaron a demostrar la relación entre estructura (anatomía) y su función. Un ejemplo claro, es el trabajo de William Harvey,

quien decidió experimentar con varios modelos animales, en lugar de recurrir a la literatura existente para describir la circulación sanguínea. Prácticamente, con ello iniciaba la fisiología experimental, la cual sería consolidada con el desarrollo del método experimental y su aplicación.

Cuando yo era niño, jugaba con mis compañeros de salón a apretarnos las muñecas y tratar de abrir y cerrar las manos lo más rápido posible. O competíamos para ver quién aguantaba más tiempo hasta que la mano se le pusiera morada. A todos nos resultaba normal pensar que la mano no se abría porque se apretaban los “ligamentos” que permitían el movimiento de los dedos; tampoco dudábamos en decir que la mano se ponía morada porque la sangre no regresaba por las venas. Estos experimentos simples, sobre biomecánica o la circulación sanguínea, eran sencillos de explicar el porqué. Aunque no lo supiéramos, hay siglos de conocimiento empírico que se ha transmitido a través de las generaciones.



Sin embargo, para hacer ciencia, hay que seguir un orden: primero proponer ideas sobre lo que sucede (hipótesis) y luego demostrarlo mediante la experimentación. Esta sistematización, junto con el desarrollo de la tecnología, es lo que ha permitido que la ciencia progrese de manera rápida en los últimos siglos.

¿Sabías que en los últimos 10 años, la mitad de los premios Nobel se otorgaron a personas que trabajaron en temas directamente relacionados con la fisiología? Seguramente sabes que los premios Nobel se otorgan a las personas que han realizado inventos o aportaciones importantes a la sociedad. Si echamos un vistazo en la página de los premios Nobel en Fisiología o Medicina, podemos ver que en 2023 fue por el descubrimiento de los receptores que nos permiten detectar la temperatura y el tacto; en 2019 por describir cómo las células pueden percibir y adaptarse a la disponibilidad del oxígeno que respiramos; en 2018, por el

descubrimiento de una de terapia contra el cáncer; en 2017, por describir los mecanismos que regulan los cambios que experimentamos a lo largo de 24 horas —el ritmo circadiano—; y en 2014, por descubrir las células en el cerebro que nos permiten tener un sistema de posicionamiento, es decir un GPS interno, como el de Google Maps o Waze.

Así, podríamos ir revisando cada uno de los descubrimientos que se han realizado en el último siglo, y encontraríamos que se ha estudiado cómo se regula el apetito, la respiración o el flujo de la sangre en el cuerpo.

Cómo funcionan las neuronas, cómo se genera su actividad eléctrica y cómo llevan información a otros tejidos. Encontraríamos trabajos de cómo la actividad del cerebro determina el comportamiento de una persona. Nos encontraríamos con los estudios que describen cómo procesamos lo que vemos o bien, cómo podemos detectar tantos olores diferentes.

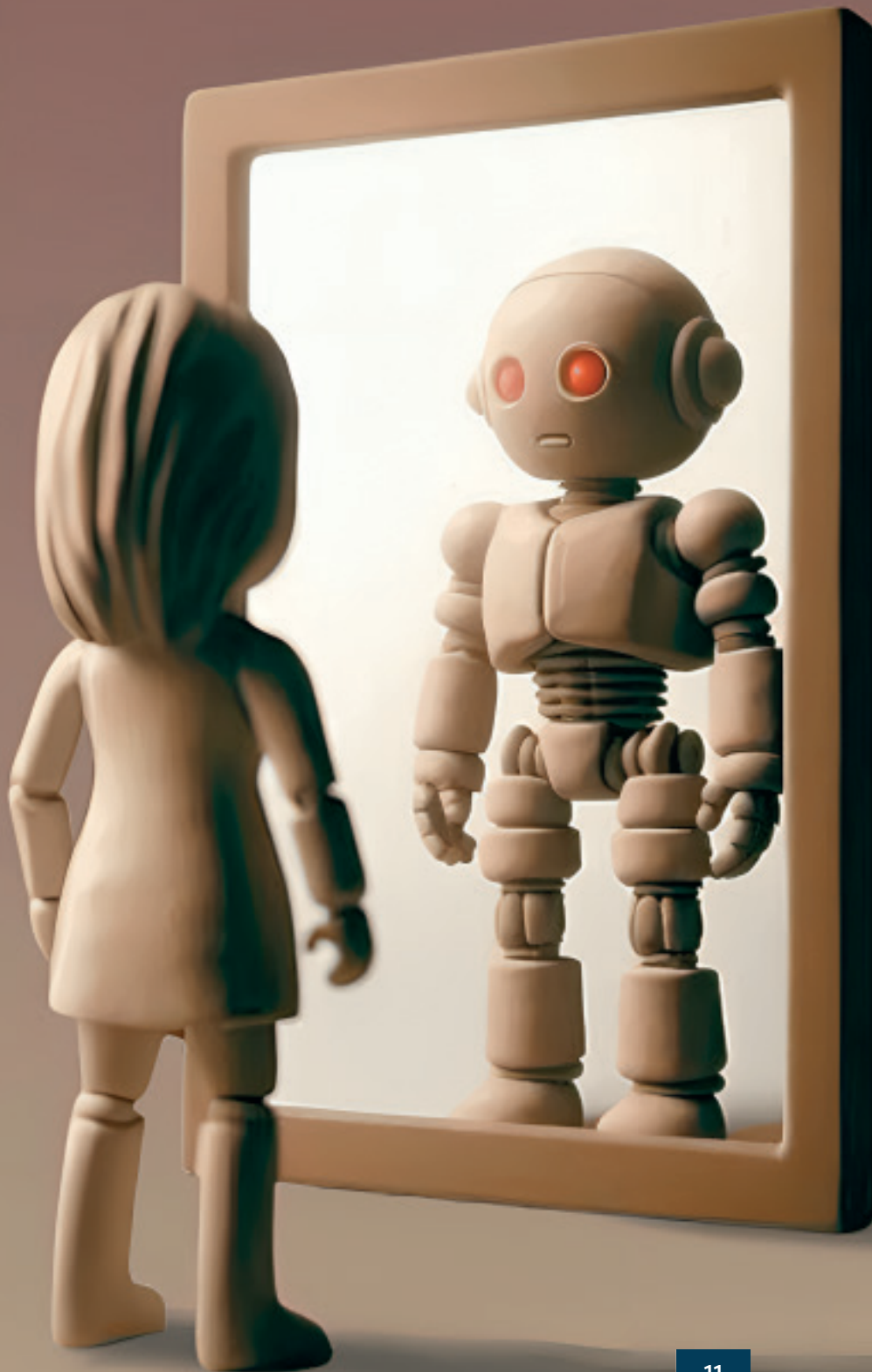
Pasaríamos por los trabajos que describen cómo los neurotransmisores y las hormonas pueden comunicar a dos células que no están en contacto entre sí y de cómo pueden desencadenar respuestas tan específicas que cambian el funcionamiento de nuestro cuerpo. Seguramente veríamos

las investigaciones que describen cómo una célula se mueve en una dirección y va cambiando de forma hasta llegar a ser una célula completamente diferente. ¿Te has preguntado alguna vez, por qué, si comenzamos siendo solo una célula, terminamos como un organismo con distintos tipos celulares? Piensa en una célula de la piel, una del músculo y en una neurona. Aunque

todas comparten la misma información genética, cada una tiene funciones diferentes como proteger el cuerpo, contraerse o transmitir información. Todas son muy diferentes entre sí.



Y si todo esto no te parece lo suficientemente interesante, piensa en que muchos de los robots que actualmente existen, se desarrollaron a partir de información que se obtuvo de organismos vivos. Que cuando te venden unas papas fritas o alimentos procesados, estos se diseñan cuidadosamente para que sepan, huelan y se vean atractivos, además de ser crujientes. Toda esa información proviene de la fisiología y se aplica en la mercadotecnia. O piensa que las y los entrenadores físicos, fisioterapeutas, nutriólogos y por supuesto, médicos requieren de la fisiología, para realizar un trabajo eficiente.



Hace unos días, un niño de 8 años me preguntó ¿qué pasa cuando vomitamos?, ¿por qué no nos quedamos vacíos, con un hueco en la panza? También me preguntó, ¿cómo su forma de ser cambiaba la forma de ser de los demás?, y ¿por qué los caracoles se deshacen cuando les pones sal? Terminamos hablando del sistema digestivo, de las neuronas espejo y de la osmolaridad, pero bueno... de nuevo, la respuesta a estas preguntas ¡está en la fisiología!

## ¿DÓNDE PUEDO OBTENER MÁS INFORMACIÓN?

Gavani, L. <https://www.unibo.it/it/ateneo/chi-siamo/la-nostra-storia/alumni-e-personaggi-celebri/luigi-galvani>

Diccionario de la lengua española. <https://dle.rae.es/fisiolog%C3%ADa>

Claude Bernard. "Introducción al estudio de la medicina experimental". 3ª reedición. Universidad Autónoma de Puebla. 1987. Pág.5. ISBN 968-863-054-3

Mesa, N. H. (2017). Historia de los retos actuales de la Fisiología Experimental. History of the present challenges of Experimental Physiology. Revista Habanera de Ciencias Médicas.

All Nobel Prizes in Physiology or Medicine. <https://www.nobelprize.org/prizes/lists/all-nobel-laureates-in-physiology-or-medicine/>



# HISTORIAS de

# ARTE

Nakú Magdalena Díaz González Santillán  
naku.diaz@correo.buap.mx



*Había una vez... ¡Ah, no! ¡Este no es un cuento! Son muchas historias de quienes comenzaron a hacer cosas diferentes a las que realizaban los demás en su grupo de convivencia.*



**H**ace muchos, pero muchos años, los primeros humanos necesitaban comer, resguardarse del clima y de los ataques de animales. Iban de un lado para el otro con tal de conseguir lo que requerían para sobrevivir y aprendieron a agruparse para ayudarse entre sí. Ahora nosotros hacemos lo mismo, pero ya en otras condiciones. Vamos a imaginarnos cómo habrían vivido aquellas personas. Regresando a la antigüedad, con curiosidad, con la ayuda de sus sentidos y con mucha paciencia, se dieron cuenta, poco a

poco, de quiénes eran, con quiénes convivían, en dónde se encontraban, y a tomar decisiones que les resultaran útiles para su vida. Así, primero habitaron en cuevas, en las copas de los árboles o en lugares que les permitiera resguardarse de los peligros que pudieran acecharles. Recolectaban hierbas, frutas y semillas de las plantas que les rodeaban para poder alimentarse. También pescaban y cazaban animales para comer su carne, cubrirse del frío con su piel y utilizar su grasa para curar sus heridas y conservar su comida. Con el transcurso de los años, descubrieron el

fuego y aprendieron a manipularlo, a usarlo para cocer sus alimentos, calentar el espacio donde vivían, protegerse de otros animales y, más adelante, le encontraron muchos más usos. Casi simultáneamente inventaron algunas herramientas con las que se ayudaban para cazar, pescar y defenderse. Luego, encontraron que podían tener alimentos a partir de las semillas y desarrollaron la agricultura, domesticaron animales y comenzaron a comunicarse, dando inicio a formas primitivas de lenguaje.

Hasta aquí hicimos un repaso muy rápido y corto de nuestros antepasados sobre el planeta. Pero, ¿qué tiene que ver lo anterior con las historias de arte? Pues... todo. Recordemos que, en el transcurso del tiempo, entre la sobrevivencia, la curiosidad, la convivencia, la percepción y la paciencia, no solo consiguieron mantenerse vivos. Llegaron a organizarse de tal manera que tuvieron momentos para probar nuevas maneras de pasársela mejor, de entretenerse mientras crecían sus plantitas y sus animales, probar nuevas formas de usar tanto los materiales que habían descubierto como



*Figura 1. Cueva de San Borjita*

las herramientas que inventaban. Quizá alguien, durante alguno de esos lapsos, habría tomado un trozo de carbón de un leño quemado y se habría dado cuenta de que frotándolo contra una piedra, un tronco o la pared de la cueva en donde se resguardaba, quedaban marcas más o menos permanentes. Luego, habría descubierto que con diversos tipos de hierbas y tierras de colores también lo podía realizar. De esta manera, comenzaría a hacer trazos

en esas superficies, dejando sus huellas para el futuro... y esto se transformó en un signo, copiándose a sí mismo, a otros, a los animales que cazaba y a las plantas que cultivaba para mapear su entorno, para comunicar a sus descendientes o a quienes pasaran por ahí cómo vivía en ese momento. Un ejemplo se presenta en la Figura 1, que es una fotografía de la cueva de San Borjita, en la península de Baja California, con una antigüedad de 9,000 años, aproximadamente.



*Figura 2. Venus de Lussel o Dama del Cuerno*

Después de descubrir que con algunos tipos de lodos podía construir vasijas para almacenar agua, comida y cocinar... comenzó a elaborar figuras a su imagen, o a crear juguetes y artefactos funcionales. Y luego de aprender a tallar piedras y maderos para hacer sus herramientas, también pudo imaginar diferentes formas de representar sus ideas, haciendo lo mismo y dejándolas plasmadas en ellos.

La Figura 2 muestra la llamada Venus de Lussel o Dama del Cuerno, encontrada en Marquay, Francia, elaborada en piedra caliza y con una antigüedad aproximada de ¡25,000 años!

Pero no solo eso, ya que, como parte de la funcionalidad de nuestro cuerpo, el movimiento y la voz se producen de manera natural. Y así, por un lado,

desarrollaba una comunicación verbal, pero por otro aprendió a controlar sonidos que le resultaban agradables, entretenidos, relajantes o perturbadores. También se dio cuenta de que cuando movía el cuerpo en determinada forma, le podía causar efectos similares. Igualmente, pudo haber sucedido que, al descubrir que cuando el viento sopla a través de troncos, carrizos o huesos huecos, produce sonidos parecidos a su voz, con la posibilidad de reproducirlos.



A continuación, se muestra en la Figura 3 el instrumento musical considerado como el más antiguo del mundo, encontrado en la cueva de Divje Babe , en Eslovenia, y con una edad aproximada de entre 50,000 y 60,000 años, hecho con un hueso de oso!

A través del conocimiento que iban adquiriendo al aprender a sobrevivir, también desarrollaron habilidades que podían distraerles y entretenerles, además de dejar plasmadas sus huellas de vida y actividades. Así comenzaron a pintar, tallar, esculpir, hacer alfarería, cantar, bailar y producir sonidos con el propio cuerpo y con otros objetos.

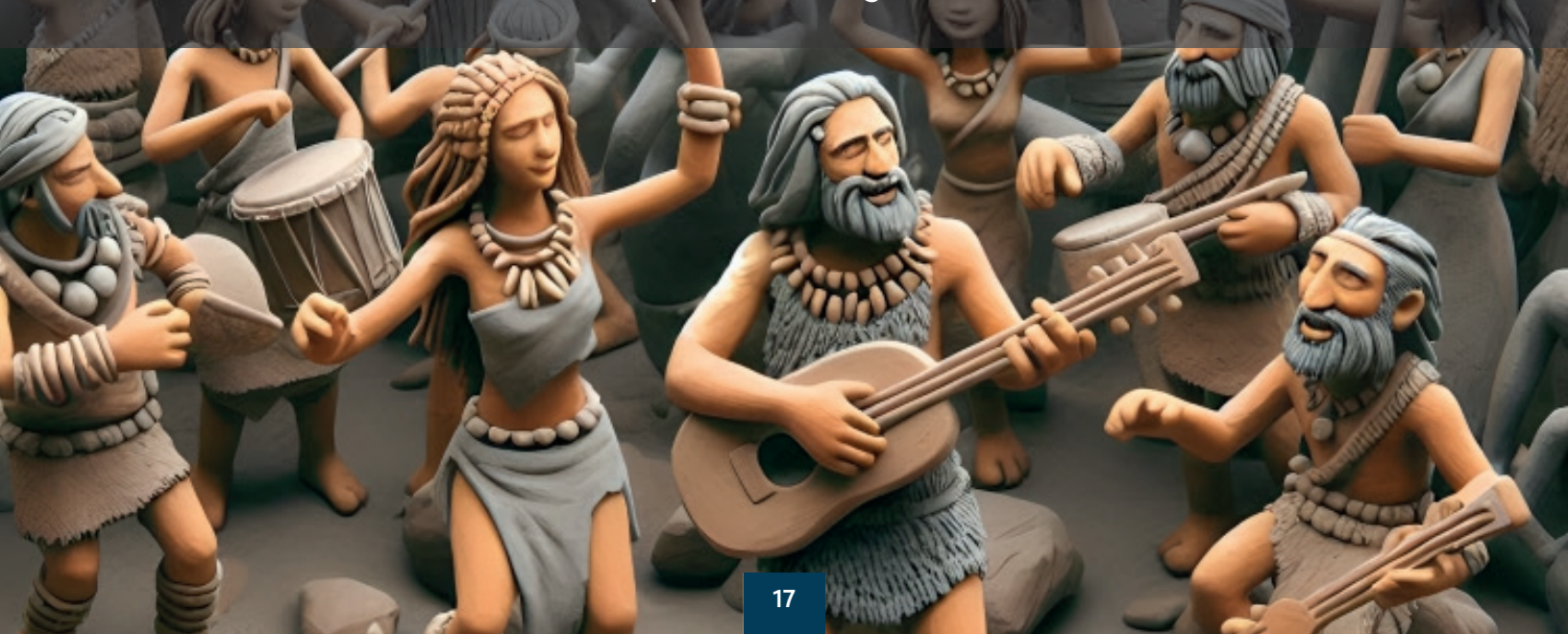
Los estudiosos del arte no han determinado cuál fue su origen exacto, es una labor imposible de lograr debido al tiempo durante el cual se fueron desarrollando estas



*Figura 3. Instrumento musical considerado como el más antiguo del mundo*

destrezas y talentos. De igual manera, hay quienes no aceptan las evidencias antiguas como obras artísticas, porque tenían una función determinada, como comunicar experiencias o partir de herramientas. Sin embargo, todos los libros de historia del arte comienzan a contarla desde la prehistoria, mostrando y analizando las obras realizadas en aquel entonces ya

como representaciones simbólicas, derivadas de cómo percibían las personas al mundo en el que vivían a través de sus sentidos, cómo lo comprendían y cómo lo pudieron recrear utilizando diversas técnicas. Este fue el inicio de una serie de historias de arte que podrán encontrar en esta sección de la revista, y esperamos que las disfruten y sean de su interés.





¿Dónde puedo encontrar más información?



Divje Babe. Arheoloski Park. The Neanderthal Flute – Archaeological park Divje babe (divje-babe.si). 08/10/2024.

Giedion, S. (1995) El presente eterno: Los comienzos del arte. Una aportación al tema de la constancia y el cambio. Alianza Editorial

Gombrich, E.H. (2006) The Story of Art. Phaidon.

Musée D'Aquitaine. The Laussel Venus | Le site officiel du musée d'Aquitaine (musee-aquitaine-bordeaux.fr). 08/10/2024.

Varios. Senda Rupestre. .: Senda Rupestre : Inmersión al arte rupestre en Baja California Sur .: (cultura-bcs.gob.mx). 08/10/2024.

maría yadira Rosas Bravo  
mariayadira.rosas@viep.com.mx

# ¿cómo sé quién es mi Familia?



n

o importa si el personaje de quien estamos hablando sea un ser humano, una planta o un animal, si necesitáramos saber quiénes son sus padres, de dónde viene o cuáles podrían ser sus características cuando crezca, lo podemos saber a través de la ciencia que se encarga de estudiar la herencia y variación de los organismos... ¡La genética!

¿Sabías que la genética, como disciplina científica, fue desarrollada por alguien quien no era científico? Cuando yo me enteré de ello, me sorprendí mucho, pues siempre había pensado que solo los científicos podían hacer ciencia. Fue un monje católico, que estaba encargado del huerto del monasterio de Santo Tomás, en la ciudad de Brno, en ese entonces era del imperio austrohúngaro, pero que actualmente es la República Checa. Aunque él nunca lo supo, actualmente se le conoce como “el padre de la genética” porque lo que hizo en el huerto del monasterio es, quizá, uno de los descubrimientos más importantes de la ciencia.

¿Cómo fue que un monje hizo todo ello? Pues combinó tiempo (más de 8 años), una gran capacidad de observación, disciplina, amor por las matemáticas, excelente habilidad para tomar notas y una gran capacidad deductiva. Claro, es fundamental aclarar que, ya siendo sacerdote, fue a la universidad de Viena, en donde estudió botánica, biología, física, química, historia y matemáticas. Su trabajo lo hizo estudiando la planta de chícharos<sup>1</sup> y sus resultados son el producto

de una buena preparación académica enriquecida con saberes locales de jardinería que aprendió desde pequeño (como hacer injertos y cultivar plantas). Su laboratorio fue el huerto del monasterio.

Publicó sus experimentos y sus resultados en el periódico de la Sociedad de Ciencias Naturales de Brno, con el título “*Experimentos sobre híbridos de plantas*”.  
¿Crees que tuvo éxito? No. Como en muchos casos en la historia de la humanidad, reconocer su trabajo se llevó varias décadas.

Sus experimentos

## ¡Por cierto!

*Puebla produce más de once mil toneladas de chícharo para el consumo de esta legumbre en nuestro país, convirtiéndose así en el segundo productor nacional.*

tos tienen una sencillez que fascina; pero que pueden explicar por qué tú tienes el color de ojos de tus abuelos y no el de tus padres. O por qué heredaste un rasgo, pero no otro. ¿Te has preguntado por qué hay más personas con color de ojos cafés que verdes? Pues también se puede explicar con las leyes de Mendel. Gracias a ciencias como la genética, se puede entender la diversidad de la vida y aprender de sus procesos. Científicos del siglo XX, a partir de los trabajos de Mendel y de Darwin, integraron ideas y conceptos que permitieron comprender la evolución desde la mirada genética... y ahí se detona un siglo lleno de descubrimientos de los conceptos clave para entender la vida misma. El cromosoma fue descubierto por el equipo de investigación del científico estadounidense Thomas Hunt Morgan, quienes demostraron que es ahí donde se encuentran los genes. Ellos no estudiaron los chícharos, sino ¡las moscas!

La mosca de la fruta (*Droso-*

*phila melanogaster*) es quizá el primer animal más estudiado genéticamente. ¿Por qué? Pues es muy fácil de reproducir, y al tener un gran número de crías, se pueden recolectar gran número de datos para ser estudiados.

Pasando el tiempo, a la mitad del siglo pasado, cuatro científicos descubrieron la estructura del ADN. Todos hemos escuchado de Watson y Crick, pero no debemos olvidar a Maurice Wilkins y a Rosalind Franklin, quienes, aunque no fueron reconocidos por el premio Nobel, fueron parte importantísima para ese gran descubrimiento.

Con todo esto, podemos decir que la genética es apasionante, tanto en los aportes científicos como en la lucha para la igualdad de oportunidades y de reconocimiento para las mujeres. Como en el caso de Rosalind, muchas

científicas aportaron grandes conocimientos aún en la oscuridad de la discriminación.

Haber obtenido la estructura del ADN, abrió otro gran avance, pues nació la genética molecular; y con ello, mi querido lector, se han desarrollado avances que, en un momento de la historia, solo podían pensarse como ciencia ficción. Nuevas técnicas de diagnóstico, nuevas medicinas para enfermedades terribles, mayores posibilidades de entender la vida... Todo ello nos lleva también a detenernos un poco y a pensar en sus implicaciones que como humanidad debemos cuidar. Vaya, la genética es interesante, ya sea que te guste la biología, la medicina, la historia, el drama, las luchas sociales, los misterios, las leyes, o la ética... ¿Quieres saber más? Espera el nuevo número de la revista para profundizar en los temas de genética y otras ciencias biológicas y sobre todo, para conocer sobre los hombres y las mujeres que se hicieron preguntas para tratar de entender el mundo que les rodea y que, en búsqueda de esas respuestas, se han sumergido en los libros y en el estudio... ¿Te han dicho que eres muy preguntón? ¡Genial!, ¡quizá algún día leamos sobre tu vida y tus aportaciones a la ciencia!

## ¿DÓNDE PUEDO ENCONTRAR MÁS INFORMACIÓN?

- Sarukhán, J. (2012) Darwin dedujo el elemento capaz de transmitir las características genéticas; Mendel lo descubrió. <https://colnal.mx/noticias/darwin-dedujo-el-elemento-capaz-de-transmitir-las-caracteristicas-geneticas-mendel-lo-descubrio-jose-sarukhan/>
- Sadurní, J. M. (2023) Gregor Mendel, el padre de la genética. Biografía. [https://historia.nationalgeographic.com.es/a/gregor-mendel-padre-genetica\\_15509](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/gregor-mendel-padre-genetica_15509)
- Thomas H. Morgan – Biographical. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2024. Tue. 15 Oct 2024. <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1933/morgan/biographical/>
- Álvarez Ríos, S. M. (2021) La historia de la genética también la escriben las mujeres [https://genotipia.com/la-historia-de-la-genetica-tambien-la-escriben-las-mujeres/#:~:text=Emmanuelle%20Charpentier%20\(1968%20%E2%80%93%20Actualidad\),nobel%20de%20Qu%C3%ADmica%20en%202020.](https://genotipia.com/la-historia-de-la-genetica-tambien-la-escriben-las-mujeres/#:~:text=Emmanuelle%20Charpentier%20(1968%20%E2%80%93%20Actualidad),nobel%20de%20Qu%C3%ADmica%20en%202020.)

# PALEONTOLOGÍA: DESCUBRIENDO LA HUELLA DE LA VIDA EN LA TIERRA

*¡El papel del estado de  
Puebla en esta historia!*

CARLOS CASTAÑEDA POSADAS  
[carlos.castaneda@correo.buap.mx](mailto:carlos.castaneda@correo.buap.mx)

**L**a paleontología es una disciplina dentro de la biología que se encarga de estudiar a los **fósiles**. Los fósiles son cualquier evidencia de vida directa (por ejemplo, huesos, piel, madera, conchas) e indirecta (por ejemplo, huellas, popos fósiles (coprolitos), madrigueras) de los seres que vivieron en la Tierra hace miles o millones de años. Con la paleontología, podemos aprender cómo eran los animales y plantas que existieron antes que nosotros, como los dinosaurios, los mamuts, los trilobi-

tes e incluso plantas gigantes que dieron origen a las que conocemos hoy en día.

Los paleontólogos son los científicos que se dedican a buscar, rescatar y estudiar a los fósiles. Ellos desentieran estos tesoros de las sedimentos o rocas que, a través de muchos estudios cuidadosos, pueden saber cómo eran, qué comían y cómo vivían estos seres. ¡Es como si resolvieran el misterio más antiguo del mundo! Y en Puebla, nuestro estado, la paleontología tiene un papel muy importante.

## ¿Qué hacen los paleontólogos?


El trabajo de los paleontólogos es como el de un detective del pasado. Ellos buscan fósiles en casi todos los lugares, como en desiertos, montañas, ríos, orillas de carretera, antiguos lagos. Pero para esto, primero, tienen que encontrar las pistas, ser rocas originadas por transporte y erosión de otras y que puedan contener en ellas fragmentos de huesos o conchas o pedazos de plantas. Después, y con mucho cuidado, excavan para extraer el fósil para no dañarlo. A veces, usan herramientas como pinces, picahielos, brochas y martillos para desenterrar el fósil sin romperlo.

Una vez que recuperados los fósiles del suelo, los paleontólogos los llevan al laboratorio, donde los limpian y los estudian. Con la ayuda de lupas, microscopios y computadoras, análisis químicos y otras aplicaciones tecnológicas, los paleontólogos pueden descubrir la edad del fósil, a qué especie perteneció y cómo era el ambiente en el que vivió. Esto nos ayuda a comprender cómo era la Tierra hace millones de años, ¡mucho antes de que existieran los seres humanos!


## ¿Puebla es importante en la paleontología?

Puebla es uno de los estados más importantes de México cuando se trata de paleontología. En diferentes partes del estado se han encontrado increíbles fósiles de animales que vivieron hace millones de años. Como por ejemplo los peces de la Cantera Tlayúa en Tepexi de Rodríguez, los arrecifes de caracoles de Zapotitlán Salinas y San Juan Raya, los amonites de la sierra norte, la megafauna de Valsequillo, por citar algunos. Esto hace que Puebla sea un lugar especial para los paleontólogos de todo el mundo, ya que se tiene una gran variedad de grupo de fósiles.


Pero te preguntarás porque se encuentran esos fósiles en el estado. Pues te comento que hace mucho tiempo, el territorio que hoy conocemos como Puebla era muy diferente. Y a lo largo del tiempo geológico este territorio ha cambiado de escenarios biológicos, por ejemplo, uno de los lugares más impresionantes de Puebla para la paleontología donde se pueden ver esos cambios es la Mixteca Poblana, donde se han encontrado fósiles de dinosaurios y otros animales del periodo Cretácico, hace 120 millones de años Puebla estaba cubierto por grandes mares, en esos tiempos, vivieron aquí animales como los dinosaurios, grandes peces y reptiles voladores llamados pterosaurios. Cuando estos animales morían, sus cuerpos quedaban enterrados en el lodo o la arena, y con el paso de los años, se convertían en fósiles. Posteriormente esos mares se secaron y emergió la tierra creando extensiones de tierras donde se distribuyeron bosques y selvas que fosilizaron y ahora las tenemos

A museum display case filled with various fossil specimens, including skulls and bones, arranged on shelves.

como improntas en la localidad de los ahuehuetes, del periodo Oligoceno donde hay fósiles de plantas en Tepexi de Rodríguez. Además, también hay estudios realizados a los invertebrados fósiles de San Juna Raya y Zapotitlán Salinas (como pelecípodos, gasterópodos y equinoideos), nos ayudan a conocer cómo eran los mares hace 100 millones de años. Al igual que las investigaciones sobre ictiofauna (peces) de Tlayúa nos muestran la importancia que tenían los mares mexicanos del Cretácico para la diversificación de los actuales peces. Los estudios de los mamíferos pleistocénicos en Tepexi de Rodríguez y Valsequillo nos ayudan a ver los cambios ambientales desde la última glaciación hasta nuestros días.

A large digital screen displaying a detailed 3D reconstruction of a dinosaur skeleton, showing the skull, spine, and limbs.

En Puebla, no solo se han encontrado fósiles importantes, sino que también hay centros de investigación donde los paleontólogos estudian estos fósiles. Estos centros ayudan a conservar los fósiles y a compartir con el mundo lo que han descubierto sobre la historia de la vida en la Tierra. Algunos de los centros más importantes son:

A computer workstation with a monitor displaying several circular fossil images, a keyboard, and a mouse on a desk.

Laboratorio de Paleobiología Ecocampus-Valsequillo de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla: Aquí, los científicos trabajan con fósiles encontrados en nuestro estado y en otras partes de México. También tienen exposiciones donde los visitantes pueden aprender sobre los animales y plantas que vivieron hace millones de años. ¡Es un lugar muy divertido para niños y niñas que quieren conocer más sobre dinosaurios y fósiles en general!

Laboratorio de Paleontología del INAH: Este centro está ubicado en el área de los Fuertes en la ciudad de Puebla capital. Es uno de los sitios donde los paleontólogos estudian los fósiles encontrados en la región y realizan investigaciones para entender mejor cómo era el mundo en el pasado. Además, el centro organiza actividades para que las personas puedan conocer más sobre los fósiles y la historia de la vida en la Tierra.

En conclusión, la paleontología como área de investigación es muy importante porque nos ayuda a entender cómo ha cambiado la vida en la Tierra a lo largo de millones de años. Gracias a los fósiles, podemos saber cómo eran los animales y plantas del pasado, y cómo han evolucionado con el tiempo. Esto nos ayuda a conocer mejor nuestro planeta y a cuidar de él.



Si te gusta la paleontología y te fascinan los dinosaurios y otros animales antiguos, ¡tú también puedes ser un paleontólogo! Puedes empezar aprendiendo más sobre los fósiles y los animales que vivieron en el pasado. También puedes visitar museos y centros de investigación, donde podrás ver fósiles de cerca y aprender más sobre cómo trabajan los paleontólogos.

Recuerda que la paleontología es una ciencia llena de misterios por descubrir.

## ¡Conviértete en un paleontólogo por un día!

Cada fósil que se encuentra nos cuenta una parte de la historia de la vida en la Tierra. ¡Quién sabe! Tal vez algún día seas tú quien haga un gran descubrimiento que ayude a resolver uno de los misterios más antiguos del mundo.



# La **Biotecnología** y su enorme potencial para reinventar y comprender a la **naturaleza**

Eric Reyes Cervantes  
eric.cervantes@correo.buap.mx

¿Alguna vez has deseado tener un superpoder? Y no solo para ser un superhéroe o un villano implacable, la verdad es que el ser humano ha logrado cosas increíbles gracias a la ciencia y la tecnología. Estamos tan acostumbrados a ella, que no apreciamos esos “superpoderes”. Por ejemplo, hablar con alguien a decenas o miles de kilómetros es una habilidad que pocos seres vivos pueden presumir (hay estudios que demuestran que las ballenas lo hacen) [1], gracias a los satélites hoy ni siquiera nos ponemos a pensar en todo lo que está sucediendo cuando hacemos una llamada a un ser querido o por cuestiones de trabajo, o por la razón que sea... simplemente lo hacemos. Sin embargo, esos superpoderes depen-

den de instrumentos o equipos que son accesorios de nuestra forma de vivir; sin embargo, la curiosidad ha sido el motor de la humanidad para expandir nuestros límites, y casi siempre la naturaleza nos ha mantenido a raya para modificar nuestros límites biológicos; sin embargo, eso es algo que está cada vez más cerca, y eso se debe a la profunda comprensión que se ha logrado respecto a la naturaleza (y aún nos falta muchísimo más por entender).



La biotecnología surge como una ciencia-herramienta que reúne distintas disciplinas como la ingeniería, la química, la ética, la computación, las humanidades y todas ellas orquestadas por la biología y la creatividad, en donde ocupamos a los seres vivos y sus metabolismos para crear o modificar productos o procesos muy específicos. Antes de que la conociéramos como Biotecnología y en el sentido moderno, el ser humano ya usaba de manera empírica los procesos biológicos para crear alimentos como el queso, yogurt, kimchi, cerveza, vino, pan, entre otros. [2] Pero hoy en día la biotecnología no solo abarca la agricultura-alimentos, sino que es una disciplina muy amplia que va desde la agricultura hasta la ciencia aeroespacial (por ejemplo comprender que la flora microbiana tiene implicaciones en el estado de ánimo de los astronautas es un tema de interés biotecnológico relacionado con la salud y la alimentación)[3]. Esto dio pie a una clasificación por sectores de la biotecnología, y a cada rama se les asignó un color respecto a sus aplicaciones, sin que esto signifique que sean ramas excluyentes, sino que a menudo se entrecruzan para robustecer los nuevos desarrollos e investigaciones [4]:



## Los colores de la biotecnología y sus aplicaciones:

### Biotecnología **Roja**:

Se enfoca en la salud humana, en especial en el desarrollo de nuevos fármacos, vacunas, terapias génicas y diagnósticos moleculares para combatir enfermedades.

Ejemplos: Producción de insulina, desarrollo de terapias contra el cáncer, creación de órganos artificiales (incluso usando impresión 3D), o como el uso de la sangre del cangrejo herradura que sirve para detectar endotoxinas, las cuales son una amenaza para la vida del ser humano. Hoy en día se busca utilizar otro método alternativo; sin embargo, aún no logramos desarrollar un método tan eficaz como el que la naturaleza ha creado en la sangre del cangrejo herradura [5] (que además corresponde a la biotecnología azul también).

### Biotecnología **Verde**:

Tiene que ver con la agricultura, se aplica en la mejora de cultivos, el desarrollo de organismos genéticamente modificados (OGM), la producción de biofertilizantes y biopesticidas.

Ejemplos de la biotecnología verde son: la creación de plantas resistentes a plagas, desarrollo de cultivos con mayor rendimiento por hectárea cultivada y la producción de alimentos funcionales. Se piensa que los OGM son malos, que dañan nuestra salud, es cierto que es peligroso modificar a un ser vivo desde sus bases moleculares y no probar qué tan seguro es para la naturaleza y por ende para el ser humano; sin embargo, realizar una rigurosa investigación científica puede brindarnos alimentos más saludables, más abundantes y que consuman menos recursos como agua, nitrógeno o pesticidas, etc.[6]



La biotecnología verde podría acabar con la hambruna, y hacer que los humanos y los seres vivos sean más saludables sin necesidad de recurrir a fármacos sintéticos.

### **Biotecnología Blanca:**

Aborda temas de la industria, se enfoca en el desarrollo de procesos industriales más limpios y eficientes, utilizando organismos vivos o sus metabolismos para producir productos químicos, tales como biocombustibles y biomateriales.

Ejemplos: Producción de enzimas para la industria alimentaria, desarrollo de bioplásticos (biopolímeros estrictamente hablando), producción de bioetanol, un ejemplo muy conocido es el biopolímero PLA que es biodegradable y que se puede obtener de plantas o microorganismos [7]; por si no te suena todavía el PLA (ácido poliláctico) es uno de los plásticos más utilizados hoy en día para realizar impresión 3D.

## Biotecnología Azul:

**Mares y océanos:** Se centra en el estudio y explotación de los recursos marinos, el desarrollo de productos a partir de organismos marinos y la conservación de los ecosistemas marinos.

Ejemplos de la biotecnología azul son la acuicultura sostenible, desarrollo de fármacos a partir de organismos marinos (como el cangrejo herradura) [5], biorremediación de contaminantes marinos y productos tan inimaginables, pero sumamente valiosos como los adhesivos, sí, los adhesivos..., ¿has notado como las lapas y percebes se adhieren a superficies lisas y rugosas? Bueno los científicos también y se dieron cuenta de que, además de ser un muy potente pegamento que funciona incluso bajo el agua y que resiste condiciones adversas como el ambiente marino, es biocompatible [8], por lo que ha servido para crear pegamentos que detienen hemorragias de forma inmediata [9], o que unen estructuras submarinas sin mayor problema ahorrando tiempo y esfuerzo.

## Biotecnología Gris:

**Medio ambiente:** Su principal función se basa en la limpieza y restauración de ambientes contaminados (típicamente por acción humana) utilizando organismos vivos.

La biorremediación [10] de suelos contaminados con metales pesados puede ser un claro ejemplo, en donde usamos a los microorganismos para remediar el daño causado por nuestras industrias. También usamos microorganismos que degradan petróleo y sus derivados y, además, los usamos para el tratamiento de aguas residuales por medio de lodos cargados de bacterias y hongos (lodos activados) que limpian el agua de nuestras ciudades. No solo los microorganismos, también las plantas se usan como agentes de limpieza y su participación se conoce como: "fitorremediación"



### Biotecnología **Dorada:**

**Bioinformática:** Radica en el análisis de grandes cantidades de datos (big data) biológicos, como secuencias genómicas, para desarrollar nuevas herramientas y aplicaciones biotecnológicas, aunque sería un error acotar tanto a la bioinformática. Recientemente, David Baker ganó el premio nobel de química 2024[11] , gracias a su estudio computacional sobre las proteínas, ayudado por la predicción de un modelo de inteligencia artificial creado por Demis Hassabis y John Jumper. Ellos acaban de brindar a la humanidad una potente herramienta para diseñar y crear nuevas proteínas con funciones muy específicas, como movilidad, reparación celular, producción de fármacos, etc.

### Biotecnología **Violeta:**

**Bioética y bioseguridad:** Se enfoca en los aspectos éticos, legales y sociales de la biotecnología, así como en la seguridad de los productos y procesos biotecnológicos. Si bien la biotecnología violeta se centra en la normativa, regulación y la ética de todos los prometedores avances de la biotecnología, no debe tomarse a la ligera, ella es la responsable de evitar que todo ese poder se use para fines perjudiciales para el planeta y sus habitantes, tiene que ver con aquella célebre frase “un gran poder, conlleva una gran responsabilidad”. [13]

### Biotecnología **Café:**

Se centra en el estudio y mejora de los suelos, utilizando microorganismos para aumentar la fertilidad y la salud del suelo. Normalmente, uno pensaría en el suelo como el más humilde de los campos de la biotecnología; sin embargo, el suelo es un ecosistema muy complejo y delicado, a través de él se reciclan todos nuestros recursos (claro, sin contar los mares y océanos). En él existen “microecosistemas” llamados rizosferas, que no son más que el ambiente creado entre bacterias, hongos, lombrices e insectos que viven cerca de las raíces de las plantas [13]. Tener un suelo fértil puede reducir la cantidad de superficie para cultivar, y al mismo tiempo aumentar los rendimientos de cultivos, esto a su vez disminuye la depredación del suelo de selvas y bosques e incluso los restaura. Recupera suelos que se convirtieron en desiertos.

**Biología**

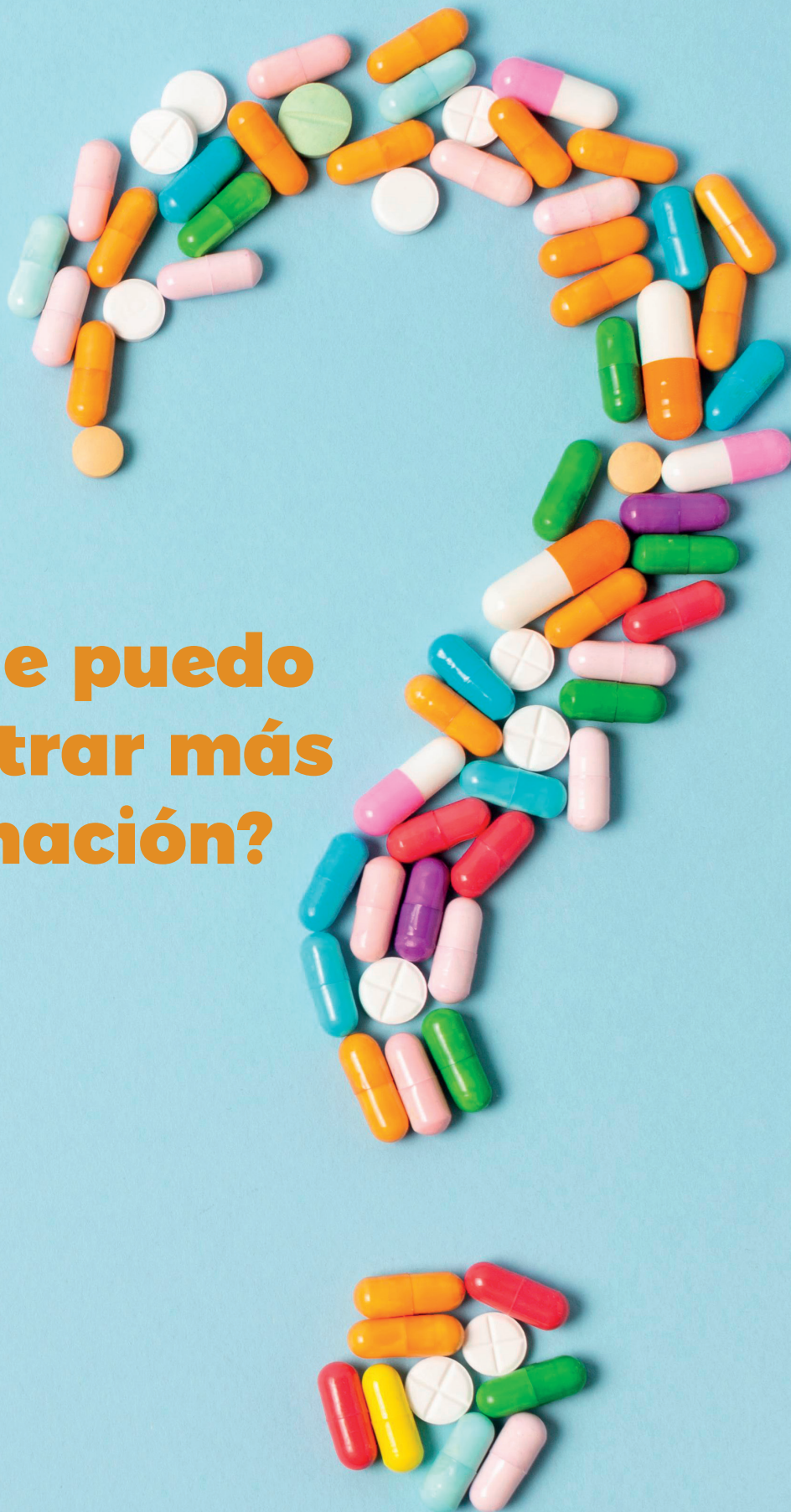
## Amarilla:

**Alimentos:** Sí, es muy parecida a la biotecnología verde; sin embargo, aquí se enfoca en la particularidad de cada producto agrícola, además se extiende a los productos de origen animal y se enriquece con probióticos y prebióticos [14]. Es decir, puede contribuir junto con la biotecnología verde y café a mejorar la producción de alimentos, pero puede influir en el desarrollo de nuevos ingredientes y aditivos nutricionales. En conjunto con la biotecnología roja, podemos aumentar nuestro arsenal de alimentos saludables y funcionales para depender menos de fármacos sintéticos y prevenir enfermedades o condiciones anímicas como la depresión en los astronautas, gracias a una alimentación que promueve una sana y balanceada flora intestinal ayudada por probióticos y prebióticos.

## Conclusión

La biotecnología está redefiniendo nuestra relación con la naturaleza. Esta herramienta interdisciplinaria nos está permitiendo comprender y manipular los procesos biológicos a un nivel sin precedentes. Esta disciplina nos ofrece un inmenso potencial para mejorar la salud humana, proteger el medio ambiente y desarrollar una sociedad más sostenible. Sin embargo, es fundamental abordar los desafíos éticos y sociales asociados con esta tecnología para garantizar que sus beneficios se distribuyan de manera equitativa y que se utilicen de manera responsable [15]. Como puedes ver, los superpoderes ya no están tan lejos de estar incluidos en nuestra biología, ya no están potenciados solo por accesorios externos a nuestros cuerpos. La biotecnología podría retardar o incluso revertir el envejecimiento, erradicar enfermedades, hacernos más resistentes al ataque de patógenos y, por lo tanto, expandir nuestras posibilidades de supervivencia, sanar más rápido de heridas y enfermedades, regenerar tejido o partes del cuerpo, o inclusive potenciar nuestras fuerzas, agudizar nuestros sentidos, o quien sabe, crear nuevos...





**¿Dónde puedo encontrar más información?**

1. Ana Širović, John A. Hildebrand, Sean M. Wiggins; Blue and fin whale call source levels and propagation range in the Southern Ocean. *J. Acoust. Soc. Am.* 1 August 2007; 122 (2): 1208-1215. <https://doi.org/10.1121/1.2749452>
2. [https://conahcyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/divulgacion/Que\\_es\\_la\\_Biotecnologia.pdf](https://conahcyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/divulgacion/Que_es_la_Biotecnologia.pdf)
3. Sajdel-Sulkowska, Elżbieta M. "Disruption of the Microbiota-Gut-Brain (MGB) Axis and Mental Health of Astronauts During Long-Term Space Travel." *Handbook of the Cerebellum and Cerebellar Disorders*. Cham: Springer International Publishing, 2021. 1415-1436.
4. [https://www.revista.unam.mx/2022v23n4/las\\_tendencias\\_perspectivas\\_areas\\_y\\_colores\\_de\\_la\\_biotecnologia/#:~:text=Se%20mencionaron%20las%20nueve%20%20C3%A1reas,%20y%20café%20\(suelo\).](https://www.revista.unam.mx/2022v23n4/las_tendencias_perspectivas_areas_y_colores_de_la_biotecnologia/#:~:text=Se%20mencionaron%20las%20nueve%20%20C3%A1reas,%20y%20café%20(suelo).)
5. <https://www.nature.org/es-us/participa/como-ayudar/animales-que-protegemos/cangrejo-herradura/#:~:text=Su%20sangre%20que%20se%20extrae,la%20presencia%20de%20contaminación%20bacteriana.>
6. <https://www.fao.org/4/x9602s/x9602s07.htm>
7. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00203-023-03745-z#citeas>
8. Mariana Almeida, Rui L. Reis, Tiago H. Silva, Marine invertebrates are a source of bioadhesives with biomimetic interest, *Materials Science and Engineering: C*, Volume 108, 2020, 110467, ISSN 0928-4931, <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.110467>.
9. Jia Zhu, Honglei Zhou, Ethan Michael Gerhard, Senhao Zhang, Flor Itzel Parra Rodríguez, Taisong Pan, Hongbo Yang, Yuan Lin, Jian Yang, Huanyu Cheng, Smart bioadhesives for wound healing and closure, *Bioactive Materials*, Volume 19, 2023, Pages 360-375, ISSN 2452-199X, <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2022.04.020>.
10. [https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/epa-542-f-12-003s\\_guia\\_del\\_ciudadano\\_sobre\\_la\\_biorremediacion.pdf](https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/epa-542-f-12-003s_guia_del_ciudadano_sobre_la_biorremediacion.pdf)
11. <https://www.eleconomista.com.mx/arteseideas/premio-nobel-quiénes-son-ganadores-nobel-20241012-729776.html>
12. [https://es.wikipedia.org/wiki/Un\\_gran\\_poder\\_conlleva\\_una\\_gran\\_responsabilidad](https://es.wikipedia.org/wiki/Un_gran_poder_conlleva_una_gran_responsabilidad)
13. Kuppe, C.W., Schnepf, A., von Lieres, E. et al. Rhizosphere models: their concepts and application to plant-soil ecosystems. *Plant Soil* 474, 17-55 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05201-7>
14. Marcel B Roberfroid, Prebiotics and probiotics: are they functional foods? *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 71, Issue 6, 2000, Pages 1682S-1687S, ISSN 0002-9165, <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.6.1682S>.
15. Superhéroes y el futuro de la especie humana. Una mirada bioética al filme X-Men: días del futuro pasado. *Ética y Cine Journal*, vol. 9, núm. 2, pp. 27-37, 2019 Universidad de Buenos Aires.

## ACERCA DE LOS AUTORES

### **Eric Reyes Cervantes**

Cuenta con Maestría en Ciencias Biológicas por parte de la BUAP. Es jefe de área de Proyectos Especiales y de FABLAB BUAP en la Dirección de Innovación y Transferencia de Conocimiento, cuyas áreas de desarrollo son la integración de equipos multidisciplinarios para capacitación y para cursos especializados, el desarrollo de las TIC y la implementación de laboratorios de fabricación digital FABLAB. Cuenta con más de 11 artículos científicos publicados, tres patentes solicitadas, dos capítulos de libros publicados en la editorial Gafra, bajo el esquema de la Nueva Escuela Mexicana. Ha participado en más de veinte congresos nacionales e internacionales, con más de veinte cursos de capacitación en temas académicos.

### **José Everardo Avelino Cruz.**

Biomédico y maestro en ciencias fisiológicas por parte de la BUAP. Es profesor investigador en el Instituto de Fisiología. Realizó su doctorado en la Universidad de Pavía en Italia y actualmente le interesa estudiar los mecanismos de regulación del calcio intracelular en las células cardíacas.

### **María Yadira Rosas Bravo**

Se define a sí misma como científica de profesión, docente por vocación y humanista por temperamento. Comprometida con la culturización científica y con el desarrollo humano, ha dedicado gran parte de su energía a la docencia, desde preescolares hasta posgrado, con un interés especial en la formación docente y de líderes educativos para la mejora de los procesos de aprendizaje. Se ha desarrollado en este sector haciendo investigación educativa e implementando programas de acompañamiento a profesores tanto en servicio como en formación. Desde el 2018 forma parte de la Escuela de Desarrollo de Habilidades Científicas y de Innovación (EDeHaCI) de la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado, BUAP.

### **Nakú M. Díaz González Santillán**

Es Licenciada en Economía (UDLAP) y Música (BUAP), Maestra en Estética y Arte (BUAP) y Doctora en Imagen, Arte, Cultura y Sociedad (UAEM). Trabajó en la industria (1986-2002) y en la BUAP desde 2002. Es autora, compositora y evaluadora de CIEES. Su línea de investigación: "Paisaje sonoro e identidad". Ha dado clases de música por más de cuarenta años. Desde 2005 es docente en la Escuela de Artes de la BUAP, hoy Facultad de Artes, y es miembro del Grupo de Investigación "Creación In Crescendo", de la misma Facultad. Ha colaborado en revistas, libros, como ponente en conferencias y congresos y en algunas investigaciones disciplinarias, inter y transdisciplinarias.

