



El
info
cito

*Dónde tus dudas encuentran respuesta
y se despierta tu curiosidad*

Número 7
Diciembre, 2024



Revista de Divulgación
de la Sociedad Mexicana
de Inmunología

Descripción de la portada

La portada refleja el rol de la terapia génica por medio de la edición de genes utilizando la herramienta CRISP-CAS9, la cual funciona como una especie de tijeras moleculares cortando el ADN. Haciendo referencia al artículo “Rathoven y las tijeras moleculares”, la rata en la ilustración de la portada representaría al pianista Betthoven, el cual era conocido por sufrir de sordera y que, gracias a esta herramienta, tendría la capacidad de manipular su ADN para sanar su sordera y así escuchar su canción en piano.

Este trabajo fue realizado por Felipe G. Serrano, biólogo e ilustrador científico. Para más información sobre su proyecto y obra puedes visitar su sitio web, [Illustrative Science](https://www.illustrative-science.com), y su cuenta de Instagram, [@biologo_ilustrador](https://www.instagram.com/biologo_ilustrador).

Felipe G. Serrano

Illustrative Science y Proyecto *Biólogo Ilustrador*.
Valdivia, Chile.



Editorial

¡Dale, dale, dale!... Ya es diciembre.

¿Sientes eso? Es el frío de la temporada decembrina que ya llegó este año. Y además del frío, también llegan las festividades en familia. Ya sea que te encuentres lejos o cerca de casa, mamá siempre te acompañará. Pero no sólo en espíritu: Juan José y Osbaldo nos cuentan en este número sobre el fascinante fenómeno del microquimerismo, donde literalmente, un pedacito de mamá podría estar siempre contigo.

Hablando de presencias que nos acompañan, el oxígeno es un ejemplo perfecto del balance necesario en la vida. Dulce nos explica cómo este elemento puede ser tanto aliado como enemigo de nuestras células, dependiendo de la dosis. ¡Un auténtico yin y yang biológico!

Y si de balance hablamos, no podemos dejar de lado la precisión que sólo se puede alcanzar a nivel molecular. Carolina, Michelle y José nos traen un relato fascinante sobre Rathoven y las tijeras moleculares, herramientas que parecen sacadas de una sinfonía de ciencia para editar la vida misma.

Por supuesto, también exploramos los retos que enfrenta el cuerpo cuando el balance se pierde, como en el caso de los trasplantes de órganos. Juan y Eneida nos cuentan cómo los macrófagos pueden convertirse en protagonistas inesperados del rechazo de órganos, mientras que Juan Esteban, José Alejandro y Marco narran una conmovedora historia sobre un trasplante que puede cambiar la vida de Axel.

También puede haber conflictos dentro de una pantalla en esta temporada, así que Lucia, Karina y Ana nos llevan a enfrentar al "Jefe Final" de muchos problemas de salud: la inflamación. Por suerte, Jahaziel, Fernanda y Ana Lilia nos presentan a un aliado inesperado que no sólo combate esta amenaza, sino que también construye nuestra sonrisa.

En este número también hacemos un viaje en el tiempo con Noe, Julio y Leticia para explorar cómo las vacunas han evolucionado desde la variolización hasta la tecnología de ARN, recordándonos que el conocimiento científico siempre ha sido nuestra mejor herramienta para protegernos. Y acompañaremos a Caperucita Blanca en otra aventura donde descubrirá a unas... ¿nuevas aliadas?

Así que, mientras disfrutas de ponche, tamales y la cálida compañía de tus seres queridos, asómate al maravilloso y complejo mundo que es nuestro sistema inmune. Y qué mejor forma de hacerlo que sumergiéndote en las páginas de **El infocito**.

¡Felices fiestas! No olvides escribirnos y contarnos qué te pareció este número.

Abrazos,

DAN

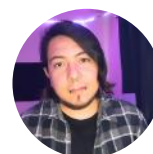
Daniel Rivera Mendoza

Comité Editorial, *El infocito*

CICESE | El Dan sp | Ciencillamente

Ensenada, Baja California, México

Contacto: elinfocito@gmail.com



Índice

02 Tu mamá está en tu hombro: Microquimerismo

Perla Alvarado Luis, Juan José Oropeza Valdez, Osvaldo Resendis Antonio

06 Rathoven y las tijeras moleculares

Carolina Sena Cruz, Michelle Bautista Gómez, Jose Antonio Garcia Espinoza

10 El yin y el yang del oxígeno

Dulce Rosario Alberto Aguilar

14 ¿Entrenamiento peligroso?:

El rol de los macrófagos en el rechazo de órganos

Juan Bernardo Carrizales Solis y Eneida Turiján Espinoza

18 El aliado inesperado que construye tu sonrisa

Jahaziel Eloy García Gama, Fernanda Camacho García y Ana Lilia García Hernández

20 El mundo de Caperucita Blanca - Capítulo 6

Texto: Marion Brunck y Jessica Lakshmi. Ilustración: Felipe Serrano.

24 De la variolización al ARN:

El desarrollo que han tenido las vacunas

Noe Juvenal Mendoza-Ramírez, Julio García-Cordero y Leticia Cedillo-Barrón

28 Un trasplante para Axel

Juan Esteban Reyes Moreno, José Alejandro Roger Rodríguez Y Marco Alejandro Jiménez Ochoa

32 Cuando el Jefe Final es la Inflamación

Lucia Michelle Chávez López, Karina del Carmen Lugo Ibarra y Ana B. Castro Ceseña

36 Glosario

38 Boletín

40 Agradecimientos

Tu mamá está en tu hombro: Microquimerismo

PERLA ALVARADO-LUIS, JUAN JOSÉ OROPEZA-VALDEZ Y OSBALDO RESENDIS-ANTONIO

Imagina descubrir que llevas contigo una parte de tu madre, una conexión biológica que va más allá de lo emocional. Este fenómeno, conocido como microquimerismo, podría revolucionar nuestra comprensión de lo que significa ser uno mismo, ya que ¡literalmente llevamos una parte de ellas a donde sea que vayamos! Pero, ¿a qué nos referimos? Pues resulta que, durante el embarazo, existe un intercambio de células entre la madre y el feto; de tal forma que tu mamá también lleva “una parte de ti”, que le dejaste cuando estabas en su vientre.

Y eso no lo es todo, pues además podríamos tener células de otros miembros de la familia. Imagina que tu mamá está embarazada y tú eres el feto. Algunas de tus células fetales lograrán llegar a tu mamá y algunas de las células maternas llegarán a tu cuerpo en desarrollo. Ahora toma en cuenta que tu mamá ya ha tenido otros hijos anteriormente, hijos que también le dejaron células fetales, por lo que probablemente parte de las células que te está dando tu mamá, en realidad, ¡proviene de tus hermanos mayores! Además, considerando que tu madre recibió células de su mamá cuando era un feto, entonces, probablemente también recibas células provenientes de tu abuela. Lo cual es considerado como una especie de transferencia de células a través de las generaciones.

¿De dónde surge el concepto de microquimerismo? El prefijo “micro” significa pequeño y se refiere a las células. “Quimerismo” deriva de la similitud que existe entre la Quimera, criatura de la mitología griega que es parte león, parte cabra y parte serpiente, y un individuo que puede llevar células de su madre, de sus hermanos mayores e incluso de su abuela. Así, el microquimerismo se define como la presencia de células en un individuo, que provienen de otro individuo genéticamente distinto.

Esto significa que nuestra identidad biológica no es tan única como pensábamos. Somos como una mezcla de diferentes células que llevan información genética de otras personas. Estas células viajeras pueden instalarse en diferentes partes de nuestro cuerpo, incluso en el cerebro. Es como si tu mamá estuviera siempre contigo, citando al Padre Donald Calloway: “Tu madre no está mirando por encima de tu hombro, está en tu hombro”.

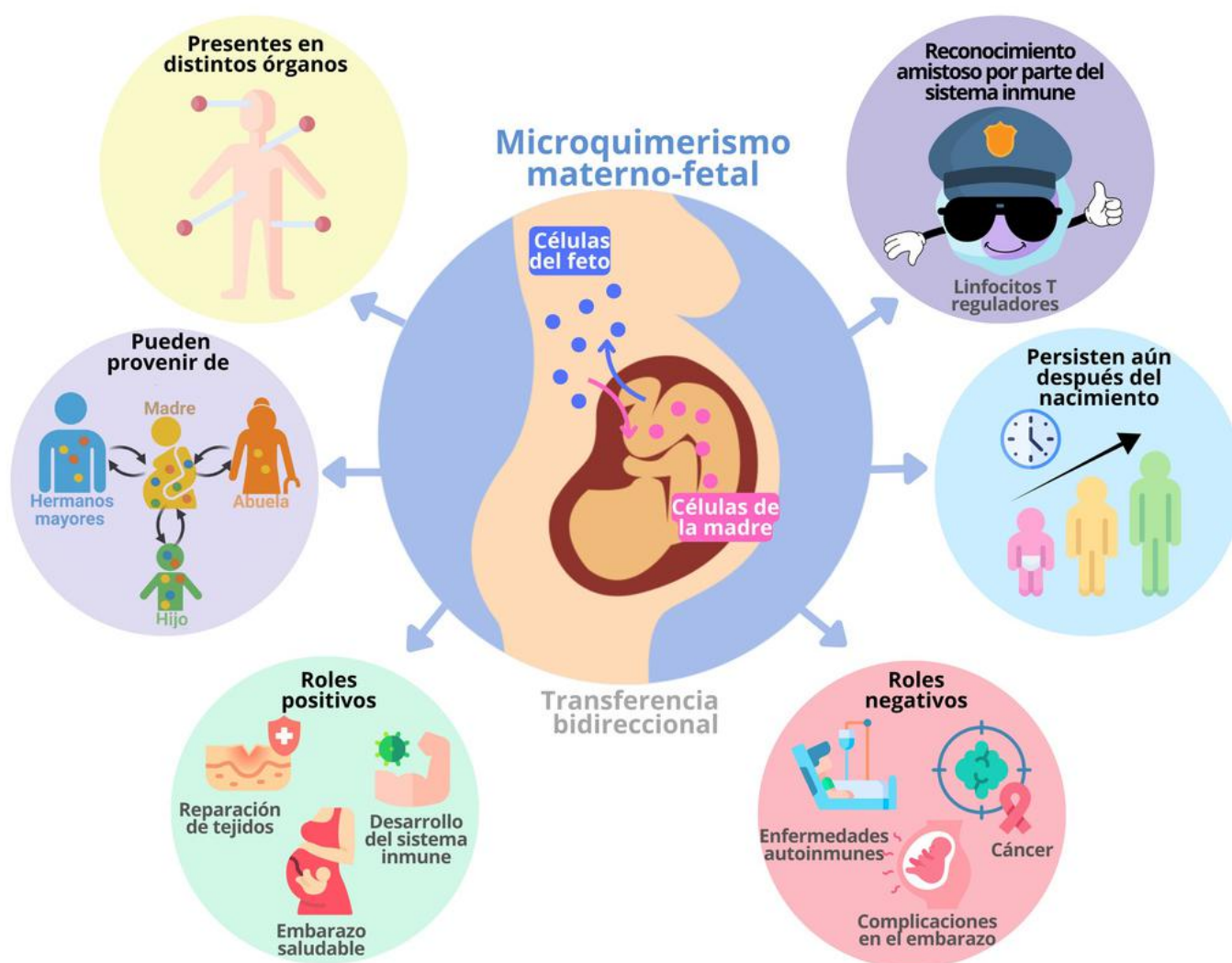
¿Un club exclusivo de células?

El microquimerismo es un concepto realmente fascinante que ha capturado la atención de las y los científicos. Aunque puede sonar complejo, en realidad se trata de algo sumamente emocionante: ¡nuestro propio organismo puede albergar células procedentes de otras personas! Estas células microquiméricas pueden tener un impacto significativo en la forma en que nuestro cuerpo se defiende contra enfermedades.

Sin embargo, aquí está la clave: nuestro sistema inmunológico debe aprender a reconocer y distinguir entre estas células y las nuestras. Es como si contáramos con una lista especial de amigos a quienes nuestro cuerpo protege y aprecia, al tiempo que mantiene alejados a los intrusos.

Nuestro sistema inmunológico actúa como un auténtico héroe, cuidándonos de los peligros externos, pero también necesita ser inteligente para no atacar a nuestras células, aunque originalmente no fueran “nuestras”.

¿Puedes imaginar qué pasaría si este héroe decidiera atacar a nuestro propio equipo? Sería un verdadero desastre. Por esta razón, los y las científicas están inmersas en el estudio de cómo nuestro sistema inmunológico puede adaptarse a la presencia de estas células externas para encontrar un equilibrio perfecto entre protección y convivencia pacífica. Se trata de una labor de vital importancia que nos permitirá comprender mejor el funcionamiento de nuestro cuerpo y cómo mantenernos en buen estado de salud.



Durante el embarazo, algunas células del bebé y de la madre (u otros familiares) pueden intercambiarse y quedarse en sus cuerpos, influyendo en su salud de maneras beneficiosas y a veces no tan beneficiosas.
Imagen creada con Canva®.

Cuando tu sistema inmunológico tiene que lidiar con invitados VIP

Entonces, ¿cómo se adapta nuestro sistema inmune a la presencia de estas células microquiméricas? La respuesta corta es un aumento en la **tolerancia inmunológica**, es decir, el proceso por el cual el sistema inmune no rechaza a esas células “extrañas” y les autoriza coexistir con las células propias. Sin embargo, este proceso es bastante complejo, pues para que surja hay una gran cantidad de mecanismos involucrados, por lo que sigue siendo un tema de estudio. No obstante, está muy relacionado con la tolerancia inmunológica **que ocurre naturalmente durante el embarazo**. Este es un mecanismo bastante asombroso en el cual el sistema de defensa de la madre se adapta para proteger y no atacar al feto en crecimiento, que en realidad es algo “extraño”, permitiendo así su desarrollo.

Podríamos pensar que es justo esta tolerancia la que permite que las células microquiméricas se intercambien durante el embarazo. Sin embargo, considerando que esas células persisten en la madre y en el hijo muchos años después del parto, e incluso probablemente por el resto de su vida, surgen entonces preguntas cómo: ¿de qué forma es qué se mantiene esa tolerancia a lo largo de los años? ¿Qué es tan importante sobre esas células como para que el sistema inmune invierta en mantener esa tolerancia por tanto tiempo? ¿Cuáles son las funciones de esas células microquiméricas y qué beneficios nos otorgan?

Tristemente, aún no contamos con la respuesta completa a esas preguntas, pues a pesar de que el microquimerismo se describió por primera vez en los años 60, existen varias limitaciones en los procedimientos que se usan para identificar y estudiar a las células microquiméricas, por lo que sigue siendo un

verdadero reto. Lo cierto es que es un campo de conocimiento que sigue avanzando. Se ha relacionado la presencia de células microquiméricas tanto en la madre como en el hijo, con un aumento en el número de **linfocitos T reguladores**, que son células del sistema inmune que están patrullando el cuerpo y que se encargan de regular e inhibir a otras células del sistema inmune. Es como si los T reguladores le dijeran al resto del sistema inmunológico que las células microquiméricas son aliados y ¡no deben de atacarlas!

El bien y el mal tienen el mismo rostro

¿Qué sabemos sobre las funciones de las células microquiméricas? Al transferirse durante el embarazo, estas células ayudan a que la madre y el feto no se rechacen entre sí, influyen en el desarrollo del sistema inmunológico y reemplazan células dañadas o que no funcionan bien. Sin embargo, también sabemos que las células microquiméricas pueden causar problemas en el sistema inmune, llevando a enfermedades autoinmunes, en las que el cuerpo se ataca a sí mismo, cáncer o complicaciones en el embarazo. Pero todo esto aún se está estudiando hoy en día.

El microquimerismo nos enseña que somos más que una colección de nuestras propias células: somos un conjunto de conexiones familiares a nivel celular que influyen en nuestra salud y bienestar. Con mamá al hombro, quienes nos dedicamos a su estudio trataremos de comprender mejor cómo estas células impactan nuestra vida y la salud humana. Esperamos pronto volver para contarte más hallazgos de esta peculiar convivencia familiar.

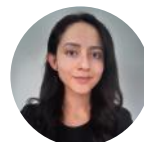
PARA SABER MÁS

1. Quirós Alpízar J. L., et al. "Microquimerismo natural ¿Existen humanos con varios genomas?" *Med. leg. Costa Rica* (2010). Consúltalo en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152010000100006&lng=en&nrm=iso
2. Comitre-Mariano B, et. al. "Feto-maternal microchimerism: Memories from pregnancy", *iScience* (2022). Consúltalo en: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.103664>
3. M. Kinder J, et al. "Immunological implications of pregnancy-induced microchimerism", *Nature Reviews Immunology* (2017). Consúltalo en: <https://doi.org/10.1038/nri.2017.38>

LAS MENTES CREATIVAS

Perla Alvarado-Luis

Facultad de Química, UNAM e Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN).
Ciudad de México, México.



Juan José Oropeza-Valdez

Centro de Ciencias de la Complejidad, UNAM e Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN).
Ciudad de México, México.



Osbaldo Resendis-Antonio

Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN); Centro de Ciencias de la Complejidad y Red de Apoyo a la Investigación, UNAM. Ciudad de México, México.
Contacto: oresendis@inmegen.gob.mx



Rathoven

y las tijeras moleculares

CAROLINA SENA CRUZ, MICHELLE BAUTISTA GÓMEZ, JOSE ANTONIO GARCIA ESPINOZA

Cada uno de nosotros es único. Si miras a tu alrededor, verás personas con características distintas. Pero, ¿por qué somos diferentes? Hay algo especial que nos hace ser quienes somos: un material que contiene toda la información heredada de nuestros antepasados y que nos convierte en seres únicos. Este material es como un libro de instrucciones que forma una parte importante de lo que somos: el ADN.

El ADN no es exclusivo de los humanos; todos los seres vivos lo tienen, desde los animales y las plantas hasta los microorganismos más pequeños. Es esencial para la vida, ya que guía el desarrollo y funcionamiento de los organismos.

Sin embargo, a veces en el ADN ocurren errores, conocidos como mutaciones, que pueden causar enfermedades. Actualmente, científicas y científicos trabajan para entender y corregir estos errores.

¿Te imaginas si pudiéramos entrar en el cuerpo humano y modificar el ADN para corregir esos errores que nos hacen daño? Pues, ¡eso podría ser posible! Existe una herramienta de modificación genética llamada CRISPR/Cas9 que podría hacerlo realidad.

Las nuevas tijeras moleculares

El [sistema CRISPR](#)/Cas9 es una herramienta de modificación genética, como unas tijeras muy avanzadas que trabajan dentro de

nuestras células para modificar el ADN de manera precisa. Por lo tanto, una de sus muchas funciones puede ser encontrar errores en el ADN y corregirlos con gran exactitud.

¿Cómo le hace? Primero, CRISPR/Cas9 utiliza una "guía" que localiza el lugar exacto en el ADN donde se necesita hacer el cambio. Luego, una proteína llamada Cas actúa como una "tijera" que corta el ADN en ese punto específico. Es como corregir un error en un libro: se pueden añadir o eliminar fragmentos del ADN para arreglar fallos o cambiar el funcionamiento de los genes.

Este sistema es muy útil hoy en día, ya que permite corregir genes que pueden causar enfermedades. Por ejemplo, déjanos contarte el caso de los "ratones Beethoven".

MouseWig Van Rathoven

Hablemos por un momento de Ludwig Van Beethoven, el genio alemán de la música que todos conocemos como un prodigio. Sin embargo, no solo su talento lo hizo famoso; también es conocido por su batalla contra la sordera, que comenzó a manifestarse cuando tenía 30 años.

Al principio, Beethoven experimentó molestos zumbidos y pitidos constantes en los oídos, lo que le causaba un gran tormento. Tenía una condición llamada hiperacusia, una sensibilidad extrema a ciertos sonidos, que

distorsionaba por completo su percepción auditiva. Desde lejos, no podía oír las notas agudas de los instrumentos, algo devastador para cualquier músico. Diecinueve años después de los primeros síntomas, su sordera era total.

Imaginemos por un momento lo que esto significó para él. Beethoven consultó a numerosos médicos y probó todo tipo de tratamientos, pero ninguno le dio los resultados que esperaba. ¿Qué tratamiento habría sido realmente efectivo? ¿Cuántas noches de tristeza podría haber evitado si hubiera existido el sistema CRISPR/Cas9 en su tiempo? Esta tecnología de edición genética podría haber cambiado su vida y, tal vez, incluso la historia de la música.

Investigadores han abordado el problema que llevó a la sordera de Beethoven estudiando el [gen *Tmc1*](#), necesario para la audición en ratones. Cuando este gen falla en los ratones, se produce en ellos una pérdida progresiva de la audición, por lo que son conocidos como los "ratones Beethoven".

Utilizando la tecnología CRISPR/Cas9, se ha desarrollado un método preciso para silenciar la copia defectuosa del gen *Tmc1* sin afectar la copia saludable, una hazaña compleja debido a la naturaleza de las mutaciones genéticas. Este enfoque no solo restauró la audición en los ratones afectados, sino que también demostró el potencial de esta técnica para tratar enfermedades genéticas causadas por mutaciones puntuales.

Los ratones tratados mostraron mejoras auditivas sustanciales, podríamos imaginarlos ahora listos para finalizar la décima sinfonía que quedó inconclusa cuando Beethoven perdió la audición.

Aunque la investigación está en sus primeras etapas y se limita, por ahora, a modelos



Acto 1: Rathoven crea música en su mente. Acto 2: El sonido desaparece y Rathoven queda en la habitación en silencio. Acto 3: Decide modificar su genoma con CRISPR/Cas9. Acto 4: La música vuelve y Rathoven recupera su audición.

Imagen elaborada por Ana Victoria Arroyo Carrillo.

animales, abre la puerta a posibles terapias genéticas en humanos para prevenir y tratar la sordera hereditaria, lo que resulta prometedor ya que existen al menos 15 formas de sordera que son causadas por mutaciones similares al del gen *Tmc1*.

Y tal vez ahora te preguntes: ¿Entonces el sistema CRISPR/Cas puede corregir cualquier enfermedad?

Otras posibilidades

Cuando hablamos del sistema CRISPR/Cas9, nos referimos a una herramienta que permite modificar genes y reparar problemas específicos, como los relacionados con la audición. Sin embargo, este no es el único caso en el que se puede utilizar CRISPR/Cas9.

Al igual que el ratón "Ludwig Van Rathoven", que recuperó su audición gracias a la corrección genética, esta tecnología tiene el potencial de transformar la vida de muchas personas. CRISPR/Cas9 ofrece la posibilidad de corregir mutaciones que afectan al sistema inmune, al metabolismo, y también puede reducir el riesgo de rechazo en trasplantes.

Por ejemplo, cuando alguien necesita un trasplante de órgano, el sistema inmunológico puede ver el nuevo órgano como un "intruso" y tratar de atacarlo. Para evitar esto, la modificación genética podría permitir que el nuevo órgano sea aceptado sin que el cuerpo lo rechace. De hecho, ya se han realizado trasplantes en humanos utilizando órganos de cerdos modificados genéticamente, como el caso de riñones de cerdos que han sido aceptados por pacientes humanos.

Uno de los mayores avances hasta ahora ha sido el tratamiento de la anemia de células falciformes, una enfermedad genética que afecta la forma y función de los glóbulos rojos. Este tratamiento, desarrollado con CRISPR, ha sido recientemente aprobado por la FDA, marcando un gran paso hacia la aplicación de esta tecnología en humanos. La corrección genética en los pacientes con anemia de células falciformes ha demostrado ser efectiva, ofreciendo una solución potencial a una enfermedad que antes carecía de tratamientos curativos efectivos.

Sin embargo, CRISPR/Cas9 tiene sus limitaciones. Aunque es muy prometedor para tratar enfermedades causadas por mutaciones genéticas puntuales, como la sordera en los ratones Beethoven, aún enfrenta desafíos en el tratamiento de enfermedades más complejas que involucran múltiples genes o factores ambientales. Además, existe el riesgo de efectos no deseados, como cambios accidentales en otras partes del ADN, lo que requiere un seguimiento cuidadoso.

Así como Beethoven creó obras maestras aún viviendo con sordera, esta tecnología nos ofrece la posibilidad de reescribir el destino de muchos genes que, hasta ahora, parecían condenar a las personas a una vida de enfermedad. El sistema CRISPR/Cas9 abre nuevas posibilidades al ofrecer tratamientos innovadores, brindando esperanza a millones de personas en todo el mundo. Aunque todavía hay desafíos por superar, esta herramienta genética ya está transformando el futuro de la medicina.

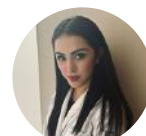
PARA SABER MÁS

1. Zurita, M. "El sistema CRISPR/Cas, crónica de un premio Nobel anunciado". *Educación Química* (2021). Consúltalo en: <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.3.79714>
2. Chávez-Jacobo V. "El sistema de edición genética CRISPR/Cas y su uso como antimicrobiano específico". *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas* (2018). consúltalo en: DOI: <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.2.5>
3. Ekaterina Pesheva. "Optimized gene-editing system halts hearing loss in mice with hereditary deafness". *HMS Communications* (2019). Consúltalo en: <https://news.harvard.edu/gazette/story/2019/07/gene-editing-tool-prevents-hearing-loss-in-mice-with-hereditary-deafness/>

LAS MENTES CREATIVAS

Carolina Sena Cruz

Universidad de la Salud (UNSA).
Toluca, Estado de México, México.



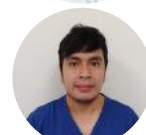
Michelle Bautista Gómez

Universidad de la Salud (UNSA).
Toluca, Estado de México, México.



José Antonio García Espinoza

Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIB). UNAM.
Ciudad de México, México.
Contacto: antoniogarcia92@iibiomedicas.unam.mx





*No sólo los ratones
Beethoven ayudan a
la ciencia,
conoce a los ratones
knockout*



El yin y el yang del oxígeno

DULCE ROSARIO ALBERTO AGUILAR

Probablemente hayas escuchado en más de una ocasión que consumir antioxidantes es bueno para tu salud; es más, puede que hasta te hayan querido vender un suplemento después de esta frase. Pero, ¿alguna vez te has preguntado qué causa esa oxidación que tratamos de contrarrestar? Hoy te contaré sobre las Especies Reactivas de Oxígeno (EROs) y cómo su lado tóxico puede afectar nuestra salud si pierden el balance, que podemos mantener con ayuda de los antioxidantes.

Millones de mini-sistemas

Pero empecemos por el principio. Los humanos necesitamos varios **elementos químicos** esenciales para poder vivir, como son el carbono, el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno. Estos elementos están organizados en átomos, formados por un núcleo y electrones girando a su alrededor, algo parecido al sistema solar. La parte central, el sol, corresponde al núcleo del elemento y los planetas en las órbitas del sistema solar serían los electrones.

Cuando algún componente de este pequeño "sistema solar" no cuenta con la distribución específica que le corresponde, se genera inestabilidad. Muchas veces esta inestabilidad se contrarresta cuando los elementos se combinan con otros para formar moléculas. Por ejemplo, el oxígeno y el hidrógeno, cada que se encuentran, forman agua. ¡Vaya sociedad! Tan vital para la

existencia del mundo tal cual lo conocemos.

Sin embargo, esto no siempre es así. Volvamos con el oxígeno, que es sumamente importante porque permite la respiración: entra por nuestros pulmones y viaja por el cuerpo a través de la sangre, permitiendo el buen funcionamiento de nuestras células y órganos. En su camino, el oxígeno va saludando a otros elementos y moléculas, como si fuera una persona muy sociable. Durante los procesos en los que participa dentro del cuerpo, como ayudarnos a convertir la comida en energía, suele combinarse con otros elementos para dar paso a nuevas moléculas. Sin embargo, a veces no puede formar moléculas estables y en su lugar se crean unas moléculas "incompletas", conocidas como Especies Reactivas de Oxígeno (EROs), que son polémicas debido a sus efectos.

Buscando completarse, cueste lo que cueste

Las EROs son moléculas que contienen oxígeno pero decíamos que están "incompletas", ya que tienen una especie de "vacío químico" que buscan completar robando partes de otra molécula. Debido a esta búsqueda constante por completarse, son conocidas como "especies reactivas", porque es como si no se pudieran estar quietas hasta que vuelvan a tener su mini-sistema completo.

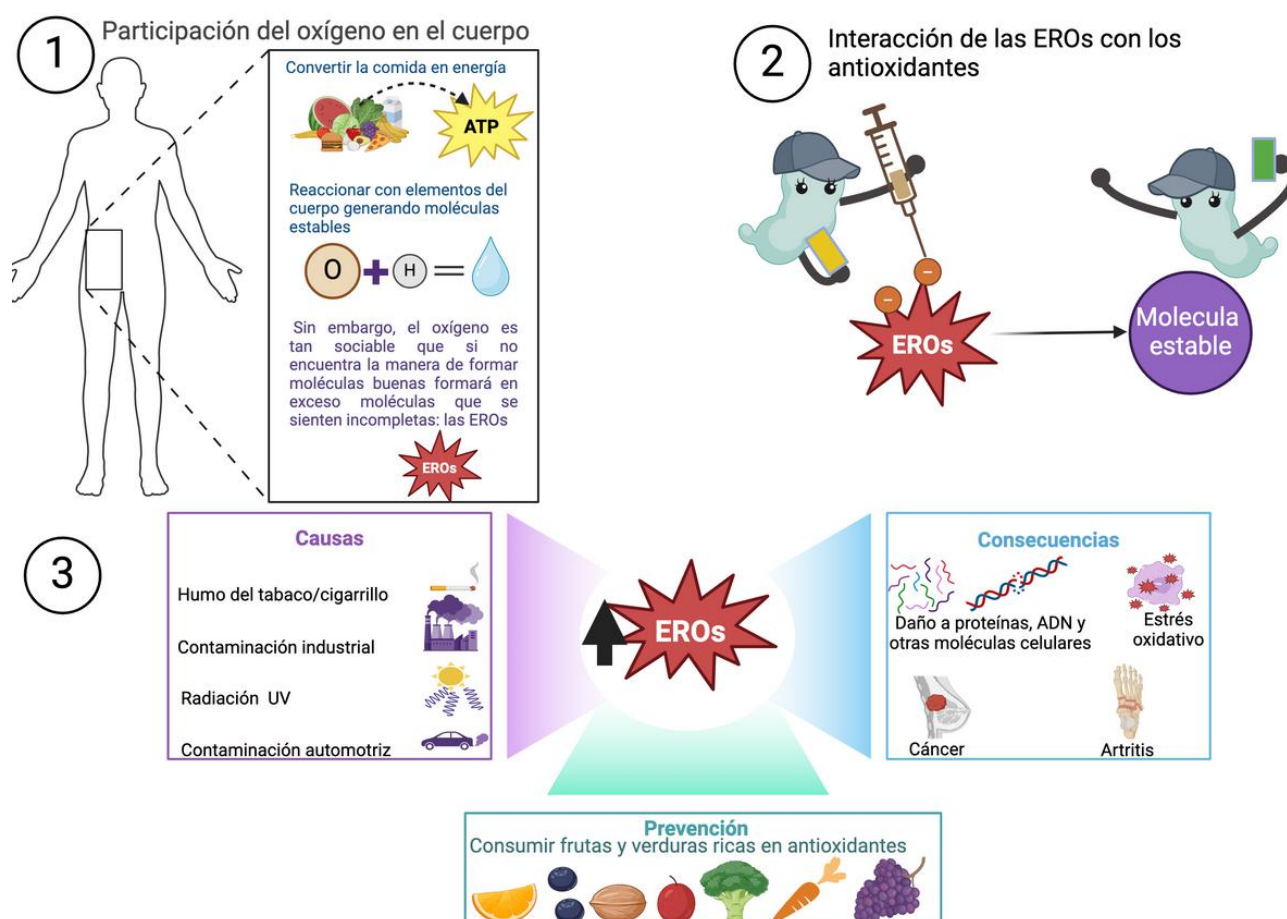
Es como si las EROs fueran un equipo de fútbol que perdió un integrante, para poder seguir en el juego necesitan alcanzar el diseño de un equipo ideal y, para ello, intentarán conseguir jugadores a como dé lugar. Generalmente, los electrones de las EROs roban “jugadores” de los diferentes componentes de las células, como las proteínas, grasas o material genético, lo cual puede ocasionar daños irreversibles en la forma y función de dichos componentes, afectando a toda la célula.

Siempre que haya oxígeno disponible o cuando existe algún daño a las células, como puede ser un golpe, cortada o infección, la cantidad de EROs puede incrementar.

Como una forma de contrarrestarlas, existen proteínas llamadas antioxidantes que funcionan como “árbitros” que vigilan cuantas EROs hay y, en caso de ser necesario, las ayudan para que estén completas, otorgándoles una especie de tratamiento para que dejen de estar tan inquietas.

Pero entonces, ¿son buenas o malas?

Las EROs participan en procesos importantes para las células, por ejemplo, les ayudan cuando tienen que hacer copias de ellas mismas para formar células hijas, cuando tienen que convertirse en células con características más específicas (como cuando una célula del sistema de protección



El incremento en las EROs producidas en el cuerpo humano puede tener consecuencias en la salud.

1) El oxígeno participa en distintos procesos celulares, principalmente en la conversión de comida en energía. La combinación del oxígeno puede dar lugar a la formación de moléculas estables como el agua, pero también puede formar EROs. 2) Los antioxidantes son como un “árbitro” que se encarga de regular a las EROs y convertirlas en moléculas más estables y menos reactivas. 3) Causas y consecuencias del incremento de las EROs y alimentos ricos en antioxidantes que ayudan a prevenir el exceso de EROs. Imagen creada en Biorender®.

de nuestro cuerpo descubre contra qué tipo de bichos protegernos), cuando tienen que moverse hacia otros sitios del cuerpo, e incluso, cuando su tiempo de vida ya terminó, les ayudan a morir dignamente, contribuyendo al proceso natural de envejecimiento. Hasta aquí, podríamos decir que son buenas.

Pero, ¿qué pasa cuando la cantidad de EROs aumenta? ¿Podrán ser capaces de generar un envejecimiento temprano en las células y, por tanto, en las personas? La respuesta es: sí. Cuando la cantidad de EROs sobrepasa la cantidad de “árbitros” que regulan dichos niveles, se produce algo llamado **estrés oxidativo**, que puede interferir con diversos procesos celulares importantes, llegando a provocar la muerte de las células antes de tiempo. En resumen, las EROs son buenas y necesarias para la vida, pero cuando superan los límites pueden ser malas; por eso es importante mantener sus niveles en equilibrio, como el yin y el yang.

¿Qué tanto es tantito?

Como ya te conté, los factores que aumentan la producción de EROs son varios y pueden ser internos, como la inflamación, o externos, como la contaminación, la exposición al sol o hábitos como fumar. El incremento de las EROs puede causar enfermedades del corazón, cáncer, artritis, derrame cerebral, entre otras.

Hábitos como hacer ejercicio y llevar una alimentación saludable aportan indiscutibles beneficios a la salud, pues ayudan a mantener un peso saludable, mejorar el funcionamiento del corazón, la respiración, fortalecen los huesos y músculos, se duerme mejor y pueden incluso liberarte del estrés emocional. Pero también se cree que algunos tipos de dieta y el mismo ejercicio físico pueden inducir la producción de EROs y con ello, causar estrés oxidativo.

En el caso del ejercicio, esto se piensa porque durante éste se genera daño en los músculos, lo cual provoca inflamación en la zona y, por lo tanto, la producción de EROs. ¡Ojo! Si bien esto puede sonar alarmante, hay que aclarar que, aunque de manera inicial el cuerpo producirá EROs como consecuencia del ejercicio, las células activarán funciones para no llegar al estrés oxidativo. Además de que se ha comprobado que el incremento de EROs es importante para que el músculo funcione correctamente.

Por otro lado, hablando de los hábitos alimenticios, el escaso consumo de frutas, verduras y frutos secos, así como el abuso de carnes rojas y alimentos procesados lleva a la falta de antioxidantes, los “árbitros” en nuestro cuerpo. Así que además de evitar hábitos poco saludables y exposiciones que puedan incrementar las EROs, es importante ayudar a nuestro cuerpo a tener suficientes “árbitros” para disminuirlas.

¿Te imaginas cómo trabajan esos árbitros para apaciguar la ira de las EROs? Pues bueno, piensa que las EROs son como esos jugadores de fútbol enojados que quieren ir a descargar su ira con cualquiera de sus compañeros. Los “árbitros” al observar esta condición de ira desbordada les sacan la “tarjeta amarilla” como advertencia para que se calmen y, además, les dan electrones para lograr que las EROs, que si recuerdas se sienten incompletas, puedan volverse moléculas más estables y ahora sí continuar su camino por las canchas del cuerpo humano sin lastimar a nadie. Aunque dentro de nuestro cuerpo contamos con esos “árbitros”, algunos alimentos de origen vegetal pueden ayudarnos a incrementarlos, tal es el caso de naranjas, nueces, espinacas, zanahorias, uvas rojas, arándanos y mangos.

El aumento de EROs puede manifestarse con síntomas como piel “envejecida”, cambios en la presión, pérdida de fuerza en los músculos y problemas de memoria. Ante dicha situación, quizá convenga consultar a tu médico y empezar a consumir más alimentos que contengan antioxidantes en tu dieta diaria.

En conclusión, podríamos decir que las EROs son beneficiosas pues participan en muchos procesos celulares importantes para el buen funcionamiento del organismo. Pero, si la cantidad de EROs excede la capacidad que los “árbitros” antioxidantes tienen para mantenerlas bajo control, seguramente cometerán una que otra “infracción”, dañando a componentes importantes de nuestro cuerpo. Pero podemos mantener la calma, porque sólo se presentará un problema cuando exista un desbalance en el yin-yang que forman las EROs y los antioxidantes, ya sea porque se produzcan EROs en exceso o haya una deficiencia de antioxidantes. Así que, la próxima vez que te hablen de los antioxidantes, no olvides todo lo que has aprendido aquí y ayuda a tus “árbitros” con tus hábitos, para evitar que las EROs se vuelvan peligrosas.

PARA SABER MÁS

1. Navarro Moreno, LG, et. al. “Oxígeno bueno, oxígeno malo y antioxidantes”. *Ciencia* (2016). Enlace: <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/vol-67-numero-2/538-oxigeno-bueno-oxigeno-malo-y-antioxidantes>
2. López Munguía, A, “Cuando el estrés oxidativo nos alcance”. *Cómo ves* (2006). Enlace: <https://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/89/cuando-el-estres-oxidativo-nos-alcance>
3. Martínez Espinosa, R, “¡CUIDADO!: libres y radicales”. *Saber más* (2016) Enlace: <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/185-numero-2311/356-icuidado-libres-y-radicales.html>

LA MENTE CREATIVA

Dulce Rosario Alberto Aguilar

Centro de Investigación Biomédica de Oriente (CIBIOR)-IMSS y Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT). Puebla, México.

Contacto: dulce.alberto@conahcyt.mx



¿Entrenamiento peligroso?

El rol de los macrófagos en el rechazo de órganos

JUAN BERNARDO CARRIZALES SOLIS Y ENEIDA TURIJÁN ESPINOZA

¿Existen segundas oportunidades para seguir viviendo? Aunque no en el sentido literal, el trasplante de órganos puede alargar la vida de personas con enfermedades graves. Sin embargo, el rechazo de órganos trasplantados es una de las actividades más crueles que realiza el sistema inmune, donde un ejército de células, liderado por los macrófagos entrenados, actúa como un obstáculo significativo cuando se busca salvar vidas.

Más que solo un cambio de piezas

Piensa que tu celular comienza a fallar. Lo primero que buscarás será cambiar la pieza dañada por una nueva. Lógicamente, esta debe ser del mismo modelo y tamaño para que funcione correctamente. De manera similar, en nuestro cuerpo a veces necesitamos sustituir partes dañadas por otras sanas que permitan continuar con su función. Esto es lo que se conoce como trasplante: el reemplazo de un órgano dañado por uno sano.

En un trasplante de órgano, lo ideal es que la persona donante sea un familiar o una persona compatible con quién lo recibe, para que este funcione correctamente. De lo contrario, la función del órgano puede reducirse, dañarse y finalmente ocasionar su rechazo. Por eso el trasplante es un proceso complejo, que va más allá de una simple sustitución física.

El ejército interior

Cuando se realiza un trasplante de órgano, uno de los mayores desafíos es evitar que el sistema inmunológico del receptor ataque al órgano trasplantado. Las células del sistema inmune, siempre vigilantes, defienden el cuerpo contra invasores como bacterias o virus, pero también pueden identificar el nuevo órgano como una "amenaza".

Dentro de estos vigilantes, se encuentran los macrófagos, células encargadas de eliminar a invasores microscópicos para mantenernos sanos. A diferencia de otras células del sistema inmunológico, los macrófagos nacen con la capacidad de identificar y atacar a los intrusos de inmediato. En una persona sana, detectan rápidamente a los invasores y los atacan sin hacer preguntas.

Los macrófagos siguen una rutina específica de activación, con un motivo y objetivo claro que explican su función. En condiciones normales, la rutina de un macrófago consiste en vigilar por el cuerpo sin activarse hasta detectar una señal de alerta, conocida como estímulo primario. Cuando se encuentran con este estímulo primario, se activan y envían señales de alerta al resto del cuerpo, pidiendo refuerzos. Estas señales, llamadas citocinas, permiten que otras células del sistema inmunológico se sumen a la defensa, como se muestra en el panel "a" de la imagen. Además de protegernos, los macrófagos también

ayudan a mantener la salud de nuestros tejidos, regenerándolos cuando se dañan y eliminando las células muertas.

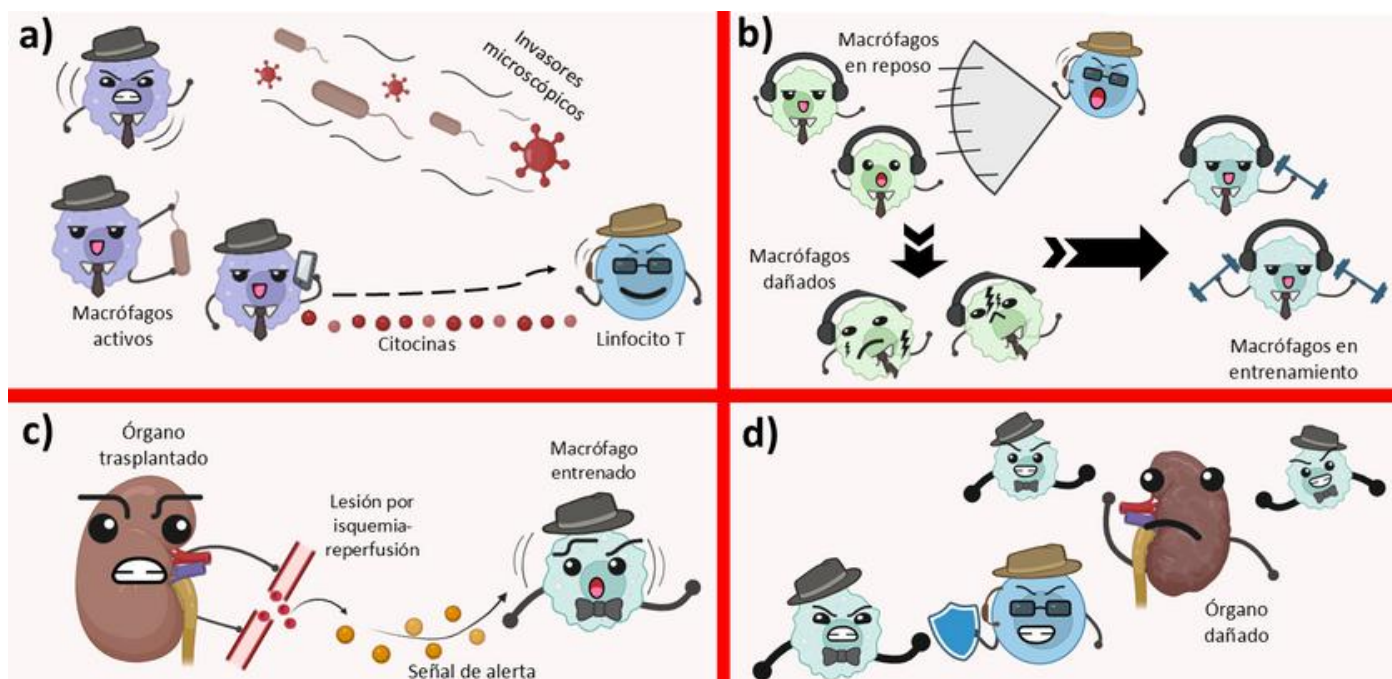
También existen otras células, como los **linfocitos T**, que son células especializadas del sistema inmunológico que juegan un rol distinto. A diferencia de los macrófagos, los linfocitos T necesitan "aprender" a reconocer a los invasores. Una vez que lo hacen, actúan de manera muy precisa para eliminar amenazas específicas en el cuerpo. Aunque su función es diferente, ambos tipos de células trabajan juntos para mantenernos saludables.

¿Llevando el entrenamiento demasiado lejos?

En años recientes se ha descubierto la existencia de los llamados "macrófagos entrenados", que se manifiestan en condiciones adversas, como en pacientes que han recibido un trasplante. Estos macrófagos son como vigilantes fortalecidos, que resultan de una activación inesperada provocada por la presencia de intrusos o amenazas significativas.

Cuando los linfocitos detectan un intruso, envían una señal de emergencia que puede activar de forma repentina a los macrófagos. Cuando esto sucede, los macrófagos inician un proceso de entrenamiento que comienza con el reconocimiento de esta señal inesperada. Esta señal puede ser perjudicial para los macrófagos, similar a ser despertados bruscamente por un altavoz mientras descansan. Algunos de ellos sufren daños completos al responder a la señal, mientras que otros resultan parcialmente afectados. Para evitar futuros daños, los macrófagos modifican su ADN, lo que les permite reconocer más rápidamente un segundo estímulo y responder de manera más eficiente. En otras palabras, se fortalecen. Pero este entrenamiento no es sencillo, ya que ocurre mientras están en reposo. Dedicar parte de su energía a este proceso, lo que les permite estar mejor preparados para futuros ataques (panel b).

Al estar entrenados, estos macrófagos pueden generar respuestas inmunitarias más potentes, como producir una mayor cantidad de citocinas para alertar a las demás células



Proceso detallado de la inmunidad entrenada mediada por macrófagos en el trasplante.

vigilantes. Sin embargo, estas respuestas pueden ser excesivas para el cuerpo. En el caso de pacientes trasplantados, esta sobreactivación no es beneficiosa, ya que una respuesta exagerada de los macrófagos entrenados puede llevar al rechazo del órgano trasplantado. De esta manera, lo que parece ser una ventaja en su entrenamiento, puede volverse un obstáculo en el contexto de los trasplantes.

El dilema de los macrófagos entrenados en el trasplante de órganos

Cuando se realiza un trasplante, se produce una lesión por **isquemia-reperfusión**. Es como una tubería averiada donde el flujo de agua se detiene (isquemia), y al repararla, el flujo vuelve con fuerza, dañando la tubería (reperfusión). En el trasplante, cuando se restablece el flujo sanguíneo en el nuevo órgano, puede producirse una lesión adicional en los tejidos.

Esta lesión activa una nueva señal de alerta, conocida como el "segundo estímulo", que advierte la presencia de algo extraño en el cuerpo. En personas trasplantadas, algunos de sus macrófagos ya han completado su "rutina de entrenamiento", por lo que reconocen rápidamente esta alerta y responden con más fuerza. Los macrófagos entrenados llegan al sitio de la lesión, pero identifican al nuevo órgano como un intruso y comienzan a atacarlo (panel c).

Esto genera un conflicto con los linfocitos T, que están supervisando el área. Mientras que los macrófagos consideran al órgano una amenaza, los linfocitos T lo reconocen como algo nuevo, pero no necesariamente peligroso. Este malentendido provoca inflamación, lo que desencadena una señal de alerta que atrae a más macrófagos para continuar atacando el órgano. Una vez que se inicia este proceso, la respuesta inmune no se detiene fácilmente.

La inmunidad entrenada en el contexto de los trasplantes muestra cómo la activación de estas células puede generar confusión en el sistema de defensa del cuerpo. En resumen, los macrófagos entrenados confunden al nuevo órgano con una amenaza, lo que causa un conflicto con los linfocitos T (panel d). Mientras tanto, los macrófagos continúan dañando el órgano, comprometiendo su funcionamiento. Aunque el entrenamiento de los macrófagos fortalece la respuesta inmunológica, en los trasplantes puede complicar el éxito del procedimiento.

Por eso, es importante investigar más a fondo este fenómeno, ya que podría ser clave para reducir el rechazo de órganos y mejorar la vida de los pacientes trasplantados.

PARA SABER MÁS

1. Pérez I. "Tu corazón podría ser mío: el camino que recorre un paciente con trasplante". *Ciencia UNAM* (2019). Consúltalo en: <https://ciencia.unam.mx/leer/904/tu-corazon-podria-ser-mio-el-camino-que-recorre-un-paciente-con-trasplante>
2. Casillas-Ramírez A, et al. "Implicaciones de la lesión por isquemia-reperfusión en el trasplante de órganos". *Evidencia Médica e Investigación en Salud* (2013). Consúltalo en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/evidencia/eo-2013/eos131b.pdf>
3. Bahena-Carrera L. "Trasplante de órganos y tejidos en México: sus diversos ángulos". *Revista Mexicana de Trasplantes* (2024). Consúltalo en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/trasplantes/rmt-2024/rmt241a.pdf>

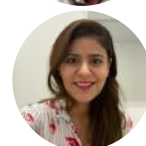
LAS MENTES CREATIVAS

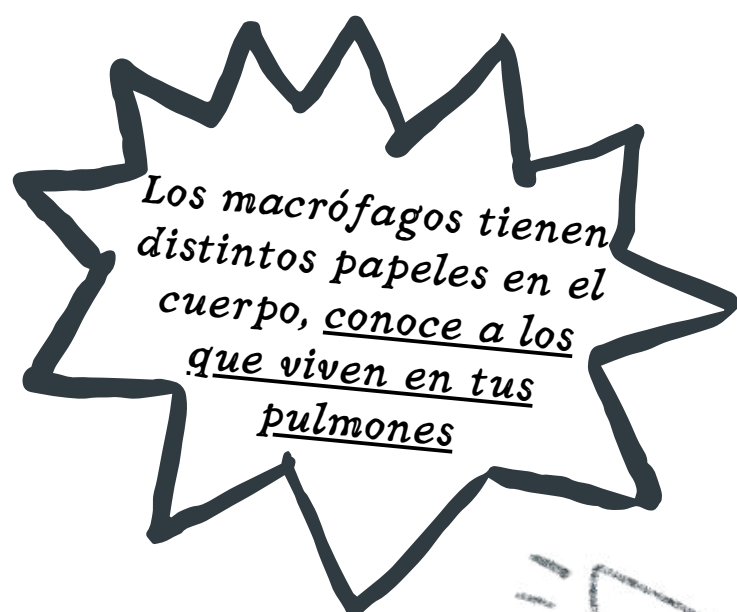
Juan Bernardo Carrizales Solís

Facultad de Ciencias Químicas, UASLP.
San Luis Potosí, México.

Eneida Turiján Espinoza

Facultad de Ciencias Químicas, UASLP.
San Luis Potosí, México.
Contacto: eneida.turijan@uaslp.mx





El aliado inesperado que construye tu sonrisa

JAHAZIEL ELOY GARCÍA GAMA, FERNANDA CAMACHO GARCÍA Y ANA LILIA GARCÍA HERNÁNDEZ

¿Te has preguntado cómo se mueven tus dientes cuando te pones brackets?

Los brackets, también llamados frenos dentales, son pequeños dispositivos fijados en los dientes que sirven para poder moverlos gradualmente a una posición correcta. Son una de las herramientas más comúnmente usadas para el tratamiento de ortodoncia, que es un procedimiento dental destinado a corregir la malposición de los dientes, con el fin de mejorar la funcionalidad de la mordida, facilitar la limpieza oral y, de paso, mejorar la estética dental.

Hoy en día existen otras opciones de tratamiento ortodóntico, como los alineadores transparentes de diferentes marcas. Estos alineadores son una alternativa discreta a los brackets tradicionales, ya que son prácticamente invisibles y se pueden retirar para comer o cepillarse los dientes, lo que ofrece mayor comodidad y conveniencia. Los alineadores son personalizados y hechos a medida para mover los dientes de forma gradual, similar a los brackets, pero con la ventaja de ser menos notables y, en muchos casos, más

cómodos para el paciente, aunque suelen ser un tratamiento más costoso que los brackets.

A simple vista, pudiera parecer que los brackets o alineadores hacen todo el trabajo, aplicando una fuerza constante para mover tus dientes. Pero detrás de esa fuerza mecánica, hay una historia fascinante que involucra a un protagonista oculto: tu sistema inmunológico.

El Misterio del Movimiento Dental

El movimiento de los dientes no es solo cuestión de empujar y esperar. Es un proceso complejo que requiere la colaboración entre fuerzas mecánicas y la remodelación de los tejidos que rodean y sostienen cada diente. Este sistema de sostén incluye la encía, el hueso que rodea a la raíz, llamado hueso alveolar, y el ligamento periodontal, que son fibras que ayudan a unir la raíz del diente con el hueso alveolar.

Todo comienza cuando se colocan los brackets, que aplican una suave y constante fuerza controlada sobre un diente, haciendo que se mueva lentamente. Para que el diente se desplace, el hueso alveolar necesita remodelarse, esto incluye tanto la destrucción como la formación del hueso, lo que permite que el diente cambie de posición dentro de su cavidad ósea.

Durante este proceso, se crean dos zonas distintas en los tejidos de soporte del diente: una zona de compresión, hacia donde se ejerce la fuerza, los tejidos se apretujan y donde el hueso debe ser destruido para permitir el desplazamiento; y una zona de tensión, en la que el ligamento periodontal se estira y se genera un espacio donde se debe formar nuevo hueso, para mantener el diente en su nueva posición. En ambas zonas, el sistema inmunológico tiene un papel fundamental en el éxito del tratamiento ortodóntico.

El aliado oculto

El sistema inmunológico es vital para la defensa del cuerpo contra infecciones y para la reparación de tejidos. Cuando los brackets comienzan a aplicar presión sobre los dientes, los tejidos que los rodean y les dan sostén experimentan una lesión controlada. Esta lesión activa un conjunto de reacciones que el sistema inmune detecta como daño o amenaza y responde mediante mecanismos como la inflamación.

En la zona de compresión, donde se concentra la fuerza ejercida por los brackets, las células dañadas envían señales de alarma, conocidas como mediadores inflamatorios. Estas señales atraen a glóbulos blancos al lugar de la acción. Los neutrófilos, que son los glóbulos blancos más abundantes en la sangre, son los primeros en llegar al sitio afectado para limpiar la zona y liberar más señales químicas que convocan a otras células defensoras.

Entre los glóbulos blancos que llegan después se encuentran los macrófagos, que no solo ayudan en la limpieza de restos de otras células que han muerto en el proceso, sino que también amplifican la inflamación y llevan a la reparación del tejido.

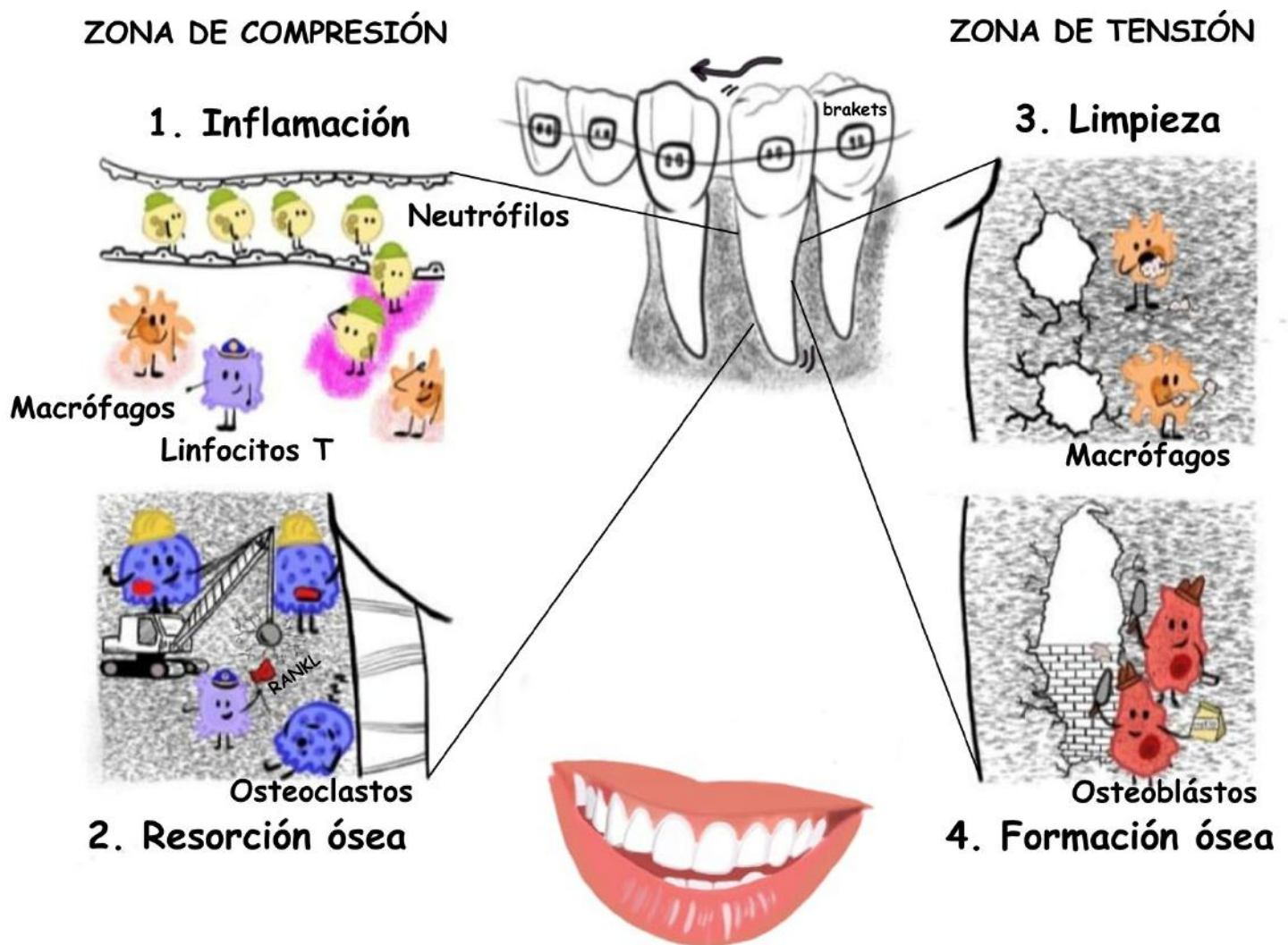
Sin embargo, el papel más sorprendente lo desempeñan los linfocitos T. Estas células liberan una señal química clave llamada **RANK-L**, que activa a los osteoclastos. Los osteoclastos son las células responsables de destruir la parte del hueso que rodea la raíz del diente, haciendo el espacio necesario para que el diente se desplace (ver imagen, número 1 y 2).

En experimentos con ratones, se ha encontrado que sin estos linfocitos T, el movimiento dental no ocurre, incluso cuando se aplica la fuerza necesaria. Cuando se reintroducen experimentalmente los linfocitos T productores de RANK-L, los osteoclastos se activan y el movimiento dental se restablece, demostrando así que los linfocitos son indispensables para el reacomodo de los dientes.

Mientras el sistema inmunológico trabaja en la zona de compresión para permitir la remodelación ósea y el desplazamiento del diente, en la zona de tensión ocurre algo diferente pero igualmente importante. Aquí, los macrófagos limpian el terreno para que los osteoblastos, las células encargadas de formar hueso, comiencen a crear nuevo tejido óseo en el espacio que se generó por el desplazamiento del diente (ver imagen número 3 y 4). Este equilibrio entre destrucción y construcción es lo que garantiza que el diente no solo se mueva, sino que se mantenga firmemente en su nueva posición.

El sistema inmune en tu sonrisa perfecta

El tratamiento ortodóntico requiere tiempo, precisamente porque el proceso de remodelación ósea es complejo y debe llevarse a cabo de manera controlada y gradual. Se estima que la remodelación ósea tras la aplicación de una fuerza ortodóntica



El sistema inmune participa en diferentes zonas generadas por el movimiento ortodóntico para que los dientes puedan desplazarse dentro del hueso y luego permanecer en ese sitio de forma definitiva.
 Imagen creada con Hipaint®.

tarda entre 10 y 14 días, mientras que el acoplamiento del ligamento periodontal a la nueva posición dental puede tomar entre 3 o 4 meses. Si el movimiento de los dientes se realiza demasiado rápido, los tejidos que rodean nuestros dientes no tendrían tiempo suficiente para adaptarse. Esto podría resultar en que la destrucción sea más rápida que la formación ósea y, como consecuencia final, la pérdida del diente.

Por esta razón, los tratamientos ortodónticos suelen ser largos. La duración depende de la cantidad de movimiento que se deba realizar en los dientes. Incluso después de retirar los brackets, se utilizan retenedores dentales, que

son similares a los protectores bucales de los boxeadores, pero más delgados y transparentes. Estos retenedores permiten que continúe el remodelado de la encía, el ligamento periodontal y el hueso alveolar, ayudando a mantener los dientes en su nueva posición.

Este fascinante proceso de colaboración entre fuerzas mecánicas y procesos biológicos es un testimonio de la sofisticación de nuestro cuerpo. Comprender cómo interactúa el sistema inmunológico con el movimiento dental podría abrir nuevas posibilidades para tratamientos más rápidos y efectivos, reduciendo las molestias y

optimizando los resultados. Ejemplos de modulación inmunológica incluyen el uso de medicamentos antiinflamatorios que controlen el movimiento dental, terapias que estimulen la activación de linfocitos o la aplicación local de RANK-L para acelerar el desplazamiento dental. La próxima vez que tu ortodoncista ajuste tus brackets o te coloque un nuevo alineador, recuerda que tu sistema inmunológico está trabajando arduamente, no solo para defenderte, sino también para ayudarte a lograr esa sonrisa perfecta que tanto deseas.

PARA SABER MÁS

1. Farfán, "Ortodoncia: tratamientos, ventajas y desventajas", Top Doctors CO (2023). Consúltalo en:
<https://www.topdoctors.mx/articulos-medicos/ortodoncia-tratamientos-ventajas-y-desventajas/>
2. Amador C, et al. "Aceleración del movimiento dental en ortodoncia". Revista latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría (2022). Consúltalo en:
<https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2022/art-4/>
3. Yan Y, et. al. "T Cells Are Required for Orthodontic Tooth Movement" J Dent Res. (2015). Consúltalo en:
<https://ss.bjmu.edu.cn/Sites/Uploaded/File/2017/01/046361913738515000406283338.pdf>

LAS MENTES CREATIVAS

Jahaziel Eloy García Gama

Doctorado en Ciencias Odontológicas,
FES Iztacala UNAM.

Ciudad de México, México.

Fernanda Camacho García

Carrera Cirujano Dentista, FES Iztacala UNAM.

Ciudad de México, México.

Ana Lilia García Hernández

Laboratorio de Osteoinmunología, FES Iztacala UNAM.

Ciudad de México, México.

Contacto: ana.garcia@unam.mx



Caperucita Blanca no podía creer lo que veía: detrás de las hierbitas, ¡estaba otra versión de ella misma! Igualita, pero algo tímida.

¡¿Quién eres tú?!

Soy... tú. Bueno, una copia tuya.

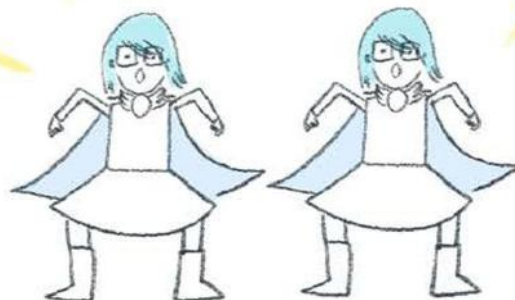
Antes de que Caperucita Blanca pudiera preguntar más, apareció Dendri.

Esto, pequeña, es el inicio de la expansión clonal.



Cuando encuentras un peligro, como la espícula, no puedes enfrentarlo sola. Por eso, en el Gran Bosque del Bazo se crea un ejército de clones tuyos, listos para combatir.

¡¿Expansión clonal?!



Caperucita Blanca observa el claro del bosque, donde más pequeñas versiones de ella aparecen una tras otra, llenas de energía y listas para actuar.

¿Y qué pasa cuando el peligro desaparece?

Algunas descansan, pero otras se quedan como guardianas de memoria, para proteger si el peligro regresa.

Caperucita Blanca, ahora al frente de su ejército, se sintió poderosa y lista.

*¡Vamos, equipo!
¡Tenemos un mundo que proteger!*

Y así, Caperucita Blanca descubrió su verdadero poder, liderando a sus clones hacia nuevas aventuras



De la variolización al ARN: El desarrollo que han tenido las vacunas

NOE JUVENAL MENDOZA-RAMÍREZ, JULIO GARCÍA-CORDERO Y LETICIA CEDILLO-BARRÓN

“Ya le tocan sus primeras vacunas al niño”, “¡no olvides llevar a la abuela a que se vacune contra la influenza!”, “¿qué vacuna contra COVID-19 te pusieron?” Estas y otras frases forman parte de nuestras conversaciones del día a día, pero... ¿te has preguntado qué son y de dónde surgieron las vacunas?

Todo empezó con una vaca

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), una vacuna es aquella preparación que una vez administrada tiene la función de inducir memoria y protección inmunológica. Curiosamente, la palabra vacuna suena similar a vaca y no es casualidad. Podríamos decir que en estos animales se originaron las primeras vacunas. En el año 1800, Edward Jenner estudió la viruela que afectaba a las vacas y, tras escuchar a los campesinos comentar que las vacas recuperadas de viruela no volvían a enfermar, decidió analizar qué pasaba.

Las vacas enfermas de viruela desarrollaban unas lesiones en la piel que se llenaban de líquido, llamadas pústulas. Jenner tomó la pus de estas, así como las costras formadas al secarse las lesiones, y las aplicó a vacas sanas. Un tiempo más tarde, puso a estas vacas sanas a interactuar con las vacas enfermas y notó que las vacas tratadas con

las pústulas de la viruela no desarrollaban la enfermedad.

Resulta que en el contenido de las lesiones y en las costras se encontraba un virus “poco agresivo”, que no lograba causar la enfermedad en las vacas, pero era suficiente para que su sistema inmune realizara un primer reconocimiento del virus. Así, cuando estos animales estuvieron en contacto con el virus “agresivo”, ya estaban preparados y pudieron responder de forma rápida contra él, lo que evitó que desarrollaran la enfermedad. Habían desarrollado una respuesta inmune de memoria contra el virus de la viruela. Jenner llamó a este proceso vacunación, y a la preparación administrada: vacuna.

A pesar de que Jenner es considerado el padre de las vacunas, existen evidencias de un proceso llamado “[variolización](#)”, implementado hace más de 4 mil años en China. Es de destacar que fue Lady Mary Wortley Montagu quien promovió este proceso alrededor del año 1716. Ella apoyaba fervientemente la práctica de tomar pústulas de viruela de personas enfermas y administrarlas a personas sanas para prevenir que enfermaran, haciendo una pequeña incisión en el brazo y colocando ahí la pus. Sin duda esta práctica hoy en día se consideraría poco ética e insalubre e incluso en su tiempo fue criticada.

¡Las vacaciones son primero!

En sus inicios la ciencia era un proceso empírico, así lo muestra otro hecho bastante divertido en la historia de las vacunas contra bacterias. En el laboratorio de Luis Pasteur, uno de sus asistentes aplicó la frase “lo vemos regresando de vacaciones”, dejando abandonado en el laboratorio un cultivo de bacterias agresivas. El temido lunes posterior a vacaciones se dio cuenta del error cometido, pero aun así decidió administrar aquel cultivo abandonado a los pollos con los que trabajaba. Para su sorpresa, estos pollos no enfermaron y, cuando se les administró de nuevo la bacteria agresiva, ¡los pollos sobrevivieron!

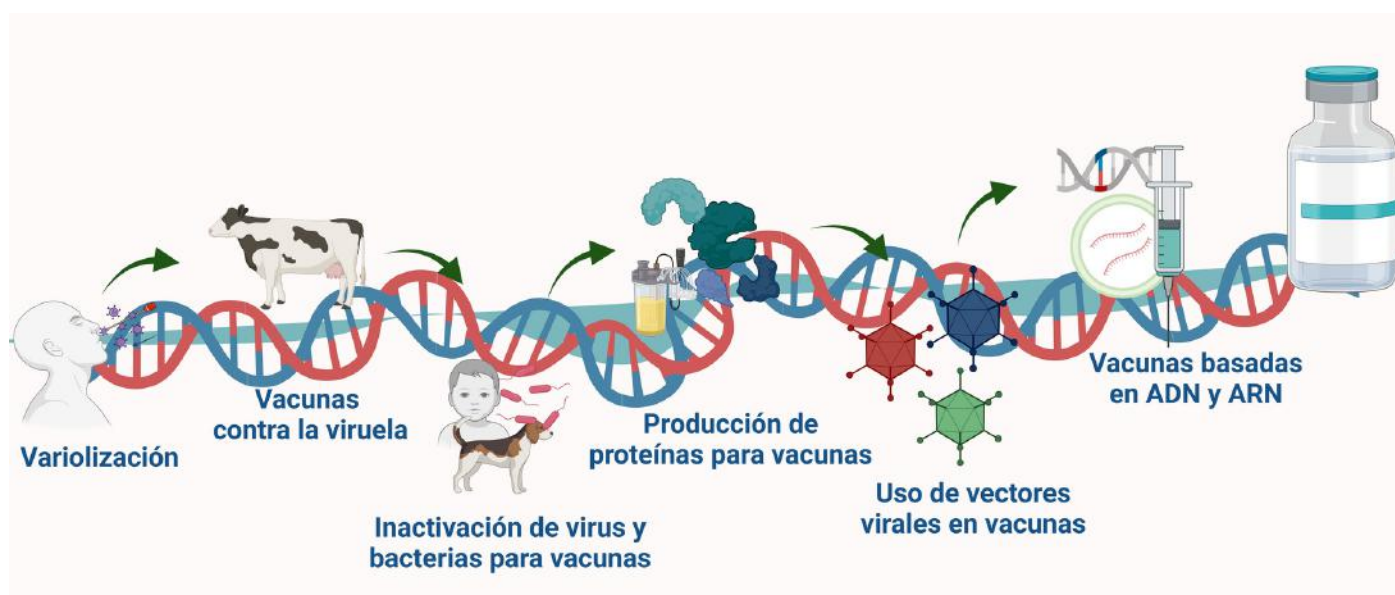
Este evento le reveló a Pasteur que los cultivos abandonados o envejecidos, perdían agresividad y podían inducir una respuesta protectora contra el cólera aviar. Con esta y otras observaciones, en el laboratorio de Pasteur se desarrollaron vacunas como la de la rabia. El principio de quitar la “agresividad” a un virus o bacteria se empleó durante muchos años para el desarrollo de diferentes vacunas. Las vacunas contra el sarampión, viruela y

y rubéola aplicadas en el esquema básico de vacunación fueron desarrolladas con este principio.

Con el pasar de los años y el desarrollo de la ciencia, se han identificado los componentes de estos microorganismos capaces de inducir una respuesta inmune y, sobre todo, conferir protección a largo plazo ante la enfermedad. Estos componentes son en su mayoría proteínas, que cuando generan una respuesta inmunológica se conocen como antígenos, por lo que las vacunas basadas en proteínas empezaron a ser cada día más populares. Algunas de las vacunas más conocidas elaboradas con esta estrategia, son las de la Hepatitis B e Influenza.

Los “Caballos de Troya”

Las siguientes vacunas en surgir fueron las basadas en vectores virales. De forma sencilla, podemos imaginar a un **vector viral** como un esqueleto o una estructura vacía, que servirá como acarreador para un antígeno hacia el que deseamos inducir una respuesta inmune. El vector viral es como el caballo de Troya, que en



Evolución de la vacunación. Descripción gráfica del desarrollo que han tenido las vacunas, desde la técnica de administrar pústulas para brindar protección a las personas, hasta el hecho de emplear el ADN y ARN. Imagen creada en BioRender®. Cedillo-Barron, L. (2024) BioRender.com/c72h528.

su interior esconde un pedacito de esa potencial amenaza para nuestro cuerpo.

Las vacunas basadas en vectores virales se han desarrollado desde hace muchos años, contra virus como el ébola por mencionar alguna. Sin embargo, no fue hasta la llegada del SARS-CoV-2 que se empezaron a aplicar en una mayor cantidad de la población. Si tu fuiste vacunado con AstraZeneca o Sputnik, déjame decirte que esta vacuna está basada en un vector viral, llevando a la proteína Espiga del virus SARS-CoV-2, importante para que el virus entre en nuestras células. Así, tu sistema inmune monta una respuesta que te proteja cuando te encuentres con el virus completo.

El ADN y ARN de las vacunas

Y ya que mencionamos al SARS-CoV-2, es importante hablar sobre cómo marcó un punto fundamental en el desarrollo de las vacunas. Particularmente, las vacunas basadas en ácidos nucleicos: ADN y ARN. El ácido desoxirribonucleico (ADN) y del ácido ribonucleico (ARN) son moléculas que contienen la información que define las características visibles, como el color de ojos, estatura y color de cabello de un individuo.

Esto es posible porque el ADN se convierte en ARN en un proceso llamado transcripción y este ARN, a su vez, se traduce en las proteínas de las células que conforman tu cuerpo. Con esto en mente, las vacunas basadas en ácidos nucleicos llevan el ADN o el ARN que dará lugar a una proteína en particular, en este caso, una proveniente de un patógeno. Si a una persona se le administra una vacuna de ADN o ARN, dentro de su cuerpo se producirá una proteína contra la cual se montará una respuesta inmune y, por lo tanto, después será eliminada.

A pesar de que muchas personas piensan que no son seguras, las vacunas de ARN contra

COVID-19 demostraron la efectividad y seguridad de esta tecnología y, en gran medida, contribuyeron al control de la pandemia. Si recibiste una vacuna de Pfizer o Moderna, fuiste inmunizado con ARN.

En esa vacuna iba un ARN que cuando llegó a tus células, dio origen a la proteína Espiga del SARS-CoV-2. Después, esta proteína fue capaz de inducir una respuesta inmune y así tus células quedaron preparadas en caso de que te tuvieras que enfrentar al virus completo. Es gracias a esto que muchas personas no se enfermaron con COVID-19 o, si lo hicieron, desarrollaron síntomas muy leves en comparación con las personas no vacunadas.

Las vacunas salvando vidas

Las enfermedades infecciosas han estado presentes desde el inicio de la humanidad y las vacunas han sido una herramienta que ha ayudado en gran medida controlar, e incluso eliminar, algunas de estas infecciones. El ejemplo más cercano lo vivimos con la pandemia de COVID-19, donde la vacunación fue una estrategia sumamente importante en el control de esta enfermedad. Pero tenemos otros, como el caso del sarampión, que en muchos sitios fue prácticamente erradicado gracias a la vacunación.

Así que, lo que inició con el proceso rudimentario de tomar el contenido de una pústula para administrarlo a otra persona, ha llegado al punto de emplear el material genético para desarrollar lo que hoy conocemos como vacuna. Sin duda, los estudios para seguir desarrollando vacunas efectivas contra múltiples patógenos son y seguirán siendo una herramienta fundamental para el control de enfermedades. Es impresionante como algo tan pequeño, que ahora vemos como un simple frasco o una ampolleta, en realidad es un legado que a lo largo de la historia ha permitido salvar millones de vidas.

PARA SABER MÁS

1. José Sánchez-Arreseigor J.J, "La vacuna de la viruela: Edward Jenner y la primera vacuna de la historia". National Geographic (2022). Consúltalo en: https://historia.nationalgeographic.com.es/a/vacuna-viruela-edward-jenner-y-primer-vacuna-historia_7914
2. López-Goñi I. "Qué son las vacunas de ARN mensajero y cómo funcionan". National Geographic (2023). Consúltalo en: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/asi-funcionan-vacunas-arn-mensajero_16221
3. Luisa-Santillán M.L. "Vacunación, una de las medidas más efectivas de erradicar enfermedades" DGDC UNAM (2019) Consúltalo en: <https://ciencia.unam.mx/leer/915/vacunacion-una-de-las-medidas-mas-efectivas-de-erradicar-enfermedades>

LAS MENTES CREATIVAS

Noe Juvenal Mendoza-Ramírez

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), IPN. Ciudad de México, México.



Julio García-Cordero

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), IPN. Ciudad de México, México.



Leticia Cedillo-Barrón

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), IPN. Ciudad de México, México.

Contacto: lcedillo@cinvestav.mx



Un trasplante para Axel

JUAN ESTEBAN REYES MORENO, JOSÉ ALEJANDRO ROGER RODRÍGUEZ Y MARCO ALEJANDRO JIMÉNEZ OCHOA

Axel es estudiante de biología, tiene 19 años y vive en la Ciudad de México. Pasa la vida entre la biblioteca de la universidad, tardes de música con sus amigos y las canchas de fútbol. Sin embargo, un día todo cambió. Empezó a sentirse muy cansado para realizar sus actividades, comenzó a tener sangrados inexplicables por la nariz y, finalmente, desarrolló una fiebre que no se le quitaba. Axel acudió al hospital y, después de muchas pruebas de laboratorio y valoraciones médicas, recibió una dura noticia: tenía **leucemia**. En el hospital le explicaron que la leucemia es un tipo de cáncer que afecta a las células de la sangre, por lo que estaban dañadas y crecían a un ritmo acelerado, lo cual podría ser muy grave.

La noticia dejó a Axel y a su familia devastados. En el hospital les explicaron que entre los tratamientos que ofrecían mejores probabilidades de curación se encontraba el trasplante de células madre y, aunque él no entendía bien de qué se trataba eso, su determinación por superar la enfermedad lo impulsó a seguir adelante. Sigamos esta historia para entenderla juntos.

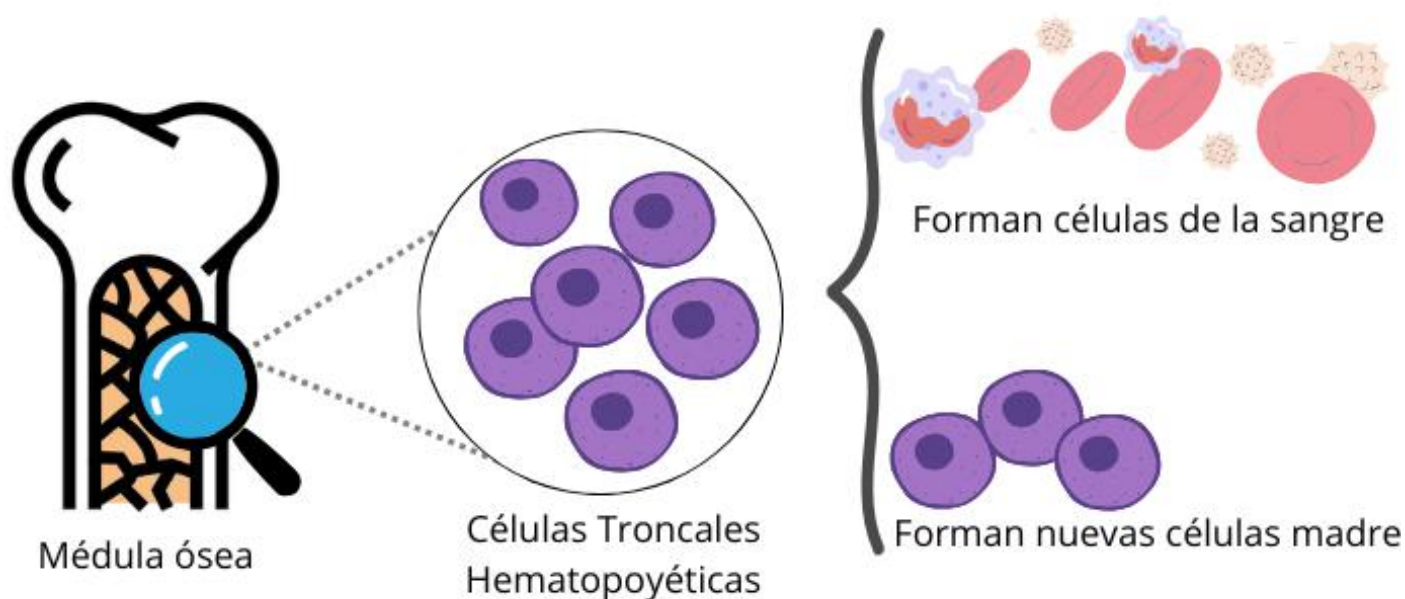
Donde todo comienza

Las células madre tienen una función muy importante: producir a todas las demás células del cuerpo humano. Específicamente, las células madre que dan lugar a las células troncales hematopoyéticas y cuentan con dos

capacidades fundamentales: la primera es la de formar nuevas células madre, permitiendo que siempre se mantenga una reserva de éstas; la segunda es la de formar células hijas con funciones específicas. Dependiendo del tipo de célula hija, sus funciones podrán ser la defensa contra infecciones, el transporte de oxígeno a los órganos o prevenir los sangrados. Esto vuelve indispensables a las **células troncales hematopoyéticas** para mantener la salud de las personas. Así, podemos entender por qué los síntomas de Axel fueron cansancio y sangrados, ya que estas células no hacían el trabajo que les correspondía.

Las células troncales hematopoyéticas viven en el interior de los huesos, en un sitio conocido como médula ósea. Para ubicar este órgano, es suficiente recordar la sustancia gelatinosa y muy sabrosa que podemos encontrar en sopa o en tacos como parte de los alimentos tradicionales en nuestro país: el tuétano. Pues no sólo se come, sino que es donde se encuentra la fábrica de la sangre, específicamente en los huesos largos de los animales. En las personas adultas, los huesos donde encontramos la mayor producción de sangre son los huesos de la columna, la pelvis y las costillas.

El trasplante de células madre es un tratamiento que pretende ayudar a un paciente con leucemia a recuperar la salud, cambiando



Representación de las funciones de las células troncales hematopoyéticas

su “fábrica” de la sangre por una nueva, que provenga de un donador sano. Este trasplante es muy particular porque es el único que no requiere cirugía, ya que las células se encuentran nadando en la sangre y lo que se hace es parecido a una transfusión. Aunque en México el primer trasplante de este tipo se realizó en 1979, el procedimiento ha ido mejorando tanto que se considera uno de los avances más importantes, para la investigación y la medicina.

La pareja perfecta

Los primeros pasos para el trasplante de Axel involucraron encontrar un donante. Su equipo médico le explicó que las personas que tenían más probabilidades de ser compatibles con él eran sus hermanos y sus padres. Después de una sencilla muestra de sangre y dos semanas de espera, su hermano, Mario, resultó ser completamente compatible. Además, por ser joven y sano, Mario fue apto para poder donar sus células madre. Axel fue muy afortunado porque la posibilidad de que esto ocurra es solo del 25 por ciento.

Si todo fuera como hace 40 años, las células madre se obtendrían de manera directa,

es decir que Mario habría requerido ser anestesiado para que le pudieran sacar las células madre directo del hueso de la pelvis mediante punciones con agujas muy largas. Como te imaginarás, esta técnica resultaba incómoda y no todos los donantes aceptaban el procedimiento. Actualmente es mucho más sencillo, ya que a Mario sólo se le aplicó un medicamento que mueve las células madre desde la médula ósea hacia la sangre. Luego, en el banco de sangre, las células se extraen por las venas, en un procedimiento muy parecido a las donaciones de sangre habituales. Todo el proceso dura entre 3 y 4 horas. Una vez terminado, Mario fue capaz de salir por su propio pie, con indicaciones de reposo por algunos días y sin secuelas a largo plazo.

Una bomba atómica

El siguiente paso fue preparar el cuerpo de Axel con un tratamiento de quimioterapia. Estos medicamentos son muy fuertes, pero se necesitan para hacer una limpieza de las células enfermas y darle espacio a las nuevas, que venían de Mario. Axel tuvo que ingresar al hospital, en un área completamente aislada de visitantes, ya que la quimioterapia que recibió,

se puede considerar como una “bomba atómica” que mata a las células de leucemia, pero también a las sanas, dejándolo desprotegido contra infecciones y sangrados.

Después de la quimioterapia y una vez transfundidas las células madre, vino el lento proceso de recuperación. Siguió hospitalizado para monitorizarlo constantemente, vigilar que no se presentaran infecciones y realizar transfusiones de sangre en caso de ser necesario. Aunque este era un paso difícil, Axel lo enfrentó con valentía, impulsado por la esperanza de un futuro sin la enfermedad.

A las dos semanas, las células nuevas comenzaron a trabajar en su cuerpo, regenerando la sangre y empezando el proceso de curación, por lo que se le permitió regresar a casa con muchos cuidados y citas frecuentes para vigilar que todo siguiera bien. Después de algunos meses de observación estricta, los médicos le dieron la noticia de que su cuerpo estaba libre de leucemia.

Axel necesitaba vacunarse otra vez, ya que con el trasplante las vacunas que se habían colocado cuando era niño se “borraron”, debido a que las células del sistema inmune, encargadas de protegernos contra infecciones, también fueron eliminadas con la quimioterapia. Después de esto, Axel finalmente podría regresar a la universidad y continuar con su vida normal.

Y la fábrica sigue trabajando

Como vimos en el caso de Axel, el trasplante de células madre es una herramienta poderosa para tratar a pacientes con pronósticos desfavorables, para quienes los tratamientos comunes no serían de ayuda. La mejor decisión para saber si un paciente requiere un trasplante, dependerá de la opinión de un conjunto de médicos y médicas especialistas.

En 2021, el Centro Nacional de la Transfusión Sanguínea reportó 566 trasplantes realizados en México, siendo el diagnóstico de leucemia el principal motivo para realizar el trasplante. El Instituto Mexicano del Seguro Social es la institución que realiza el mayor número de trasplantes de este tipo. Aunque este es un procedimiento complejo, el reemplazar el tejido dañado por uno sano es la esperanza de una cura, un nuevo comienzo para la vida de Axel y otros pacientes en busca de restablecer su salud.

PARA SABER MÁS

1. Peng T. “Trasplante de médula ósea para pacientes y cuidadores”. Leukemia and Lymphoma Society. (2023) Disponible en internet: https://www.lls.org/sites/default/files/2023-08/PS40S_BloodMarrow_Booklet_2023_Spanish.pdf
2. Ramos, E. “Así de fácil puedes salvar una vida”. Selecciones Reader’s Digest. (2024) Disponible en: <https://selecciones.com.mx/asi-de-facil-puedes-salvar-una-vida/>
3. Enric Carreras. “Guía del trasplante de médula ósea” Fundación Josep Carreras. (2016). Disponible en internet: <https://fcarreras.org/wp-content/uploads/2023/06/Guia-del-trasplante-de-medula-osea-para-el-paciente.pdf>

LAS MENTES CREATIVAS

Juan Esteban Reyes Moreno

Universidad Nacional Autónoma de México.
Ciudad de México, México.



José Alejandro Roger Rodríguez

Instituto Mexicano del Seguro Social.
Ciudad de México, México.



Marco Alejandro Jiménez Ochoa

Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).
Ciudad de México, México.
Contacto: mark2145@hotmail.com





*Las leucemias son
una lucha en la que
nos subimos
constantemente al ring,
por eso hicimos todo un
número especial al
respecto. Chécalo aquí.*



Cuando el Jefe Final es la Inflamación

LUCIA MICHELLE CHÁVEZ LÓPEZ, KARINA DEL CARMEN LUGO IBARRA Y ANA B. CASTRO CESEÑA

Tal vez hayas escuchado la frase de “si quieres que algo salga bien, hazlo tú mismo”. Pues parece que el sistema inmune a veces se olvida de esto, en ocasiones, este sistema se activa de manera inadecuada causando **inflamación** prolongada. La inflamación es una forma en la que el cuerpo intenta curarse a sí mismo ante una lesión, infección o irritación. Es una respuesta natural y protectora, una señal de que el cuerpo está trabajando para mantenernos saludables. Pero, en ocasiones puede volverse perjudicial y convertirse en el villano de la historia.

Imaginemos que el cuerpo humano es un videojuego, donde cada órgano o parte del cuerpo es un nivel. En cada uno de estos niveles, muy distintos entre sí, la inflamación puede convertirse en el villano que debemos enfrentar. A continuación, jugaremos tres niveles. Cada órgano es un nivel con obstáculos únicos, pero la inflamación sigue siendo el enemigo común. ¡Descubramos a este adversario!

Tormenta en la ciudad del olvido

En este nivel, el cerebro enfrenta su mayor desafío: la enfermedad de Alzheimer, para la cual no existe una cura en la actualidad. Para entender esta enfermedad, imagina el cerebro como una antigua ciudad que sufre cambios devastadores debido a una tormenta persistente. En esta tormenta,

proteínas dañinas se acumulan descontroladamente, causando problemas en la memoria, borrando lentamente los recuerdos, hasta que desaparecen por completo. Esta tormenta provoca una respuesta del sistema inmune para reparar los daños, pero la tormenta sigue sin cesar.

Dentro de esta ciudad, hay células conectadas como telarañas que actúan como la primera línea de defensa del sistema inmune, trabajando para eliminar las proteínas dañinas acumuladas. Sin embargo, su actividad constante puede liberar sustancias químicas que dañan el cerebro, erosionando las bases de esta compleja ciudad y en lugar de ayudar, causa más daño. Las mujeres son las más afectadas por esta enfermedad debido a la disminución de estrógeno, compuesto químico esencial para mantener la salud del cerebro. Esta reducción en estrógeno hace que las células interconectadas no trabajen, por ejemplo, provocaría que el villano del juego se haga más fuerte porque nuestro ataque no es suficientemente poderoso.

Problemas en el motor

En este nivel, el corazón es el motor que impulsa al cuerpo, pero está bajo la amenaza de la inflamación descontrolada. Esta afecta al corazón, y un buen ejemplo de esto es la insuficiencia cardíaca. El corazón funciona como el motor de un tren que no se detiene, bombeando sangre las veinticuatro horas del día. Está compuesto por músculo, que puede

fortalecerse o debilitarse según el cuidado que se le brinde. Si no se cuida adecuadamente, el músculo cardíaco se debilita y no puede latir con la fuerza necesaria, lo que provoca la acumulación de sangre en el corazón y su eventual fallo.

La inflamación en el corazón es un proceso que ocurre lentamente y es la forma en que el sistema inmune responde a una lesión o daño, que puede ser causada por una mala alimentación particularmente cargada de comida grasosa. Para compensar, el cuerpo comienza a liberar sustancias y a pedir ayuda de otros órganos, lo que provoca que el 'motor' del corazón se sobrecargue. Con el tiempo, las 'piezas' del motor del corazón se vuelven más gruesas y menos flexibles, como un motor que se va desgastando bajo presión.

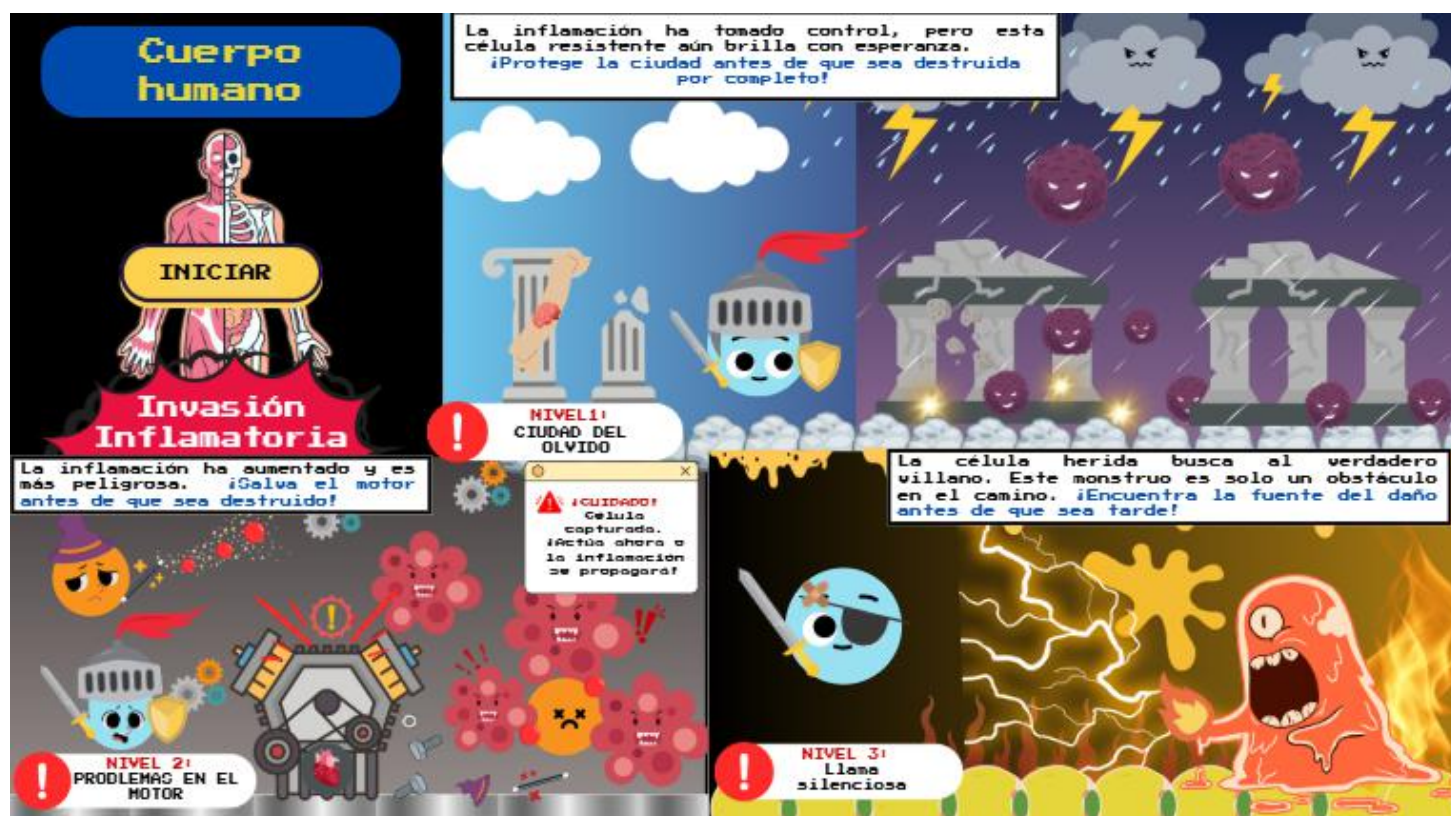
Las células, que antes ayudaban al corazón a funcionar correctamente, ahora contribuyen al problema: al volverse más rígidas y

engrosadas, impiden que el corazón bombee con fuerza. Lo que antes era una defensa del cuerpo ahora empeora la situación. En las mujeres, el corazón tiende a engrosarse, similar a un auto oxidado que pierde su capacidad de movimiento. En los hombres, el corazón se vuelve más delgado, como un globo que, al llenarse en exceso de agua, puede estallar. Esto demuestra que nuestro cuerpo reacciona de manera diferente y única en cada caso.

Si la inflamación vence, el motor del corazón se detiene y el juego acaba. ¡Restaura su fuerza y sigue en la lucha para salvar el cuerpo!

La llama silenciosa

En este nivel, una célula guerrera se prepara para enfrentar al monstruo de grasa y fuego que amenaza al hígado. Cuando este órgano se satura de grasa, lo que se conoce



Una representación épica al estilo videojuego muestra al sistema inmune, como un héroe luminoso, enfrentando a la inflamación, un villano oscuro y caótico. Imagen creada con Canva®.

como [esteatosis hepática metabólica](#), las células luchan contra la inflamación. Esta batalla es vital, ya que la esteatosis hepática metabólica se está volviendo un problema creciente que necesitamos combatir. Esta enfermedad es causada por varios factores al mismo tiempo, como una mala alimentación y la falta de actividad física regular.

Imagina que el hígado funciona como un filtro: cuando está saturado de grasa, pierde su capacidad para filtrar adecuadamente, similar a un filtro viejo que ya no funciona bien. En este caso, la esteatosis hepática actúa como una llama silenciosa que, con el tiempo, alimenta un fuego devastador en el cuerpo. Es como cuando en el último nivel, después de haber derrotado a los otros villanos, te enfrentas al verdadero enemigo del juego, la llama silenciosa que causó el incendio.

La inflamación juega un papel clave en la progresión de la esteatosis hepática metabólica. Cuando se acumula demasiada grasa en el hígado, el sistema inmune se activa en un intento de eliminar las células dañadas y las toxinas generadas por este exceso. Sin embargo, esta respuesta inflamatoria, en lugar de ser protectora, puede causar más daño al liberar sustancias inflamatorias que empeoran la condición. Además, el estrógeno tiene un papel crucial en la regulación del sistema inmune en el hígado; cuando los niveles de esta hormona son bajos, se facilita un ambiente inflamatorio, acelerando el daño hepático.

Las células guerreras han resistido valientemente, pero para derrotar a la llama silenciosa, es esencial liberar al hígado del exceso de grasa. Solo entonces podrás enfrentarte al verdadero enemigo y reclamar la victoria.

Un enemigo común, respuestas diferentes

Seguramente te preguntarás: ¿por qué es importante conocer esta información? Cada jugador es único y enfrenta la inflamación de manera diferente. Conocer a tu enemigo es clave para personalizar tu estrategia de combate. ¡Descubrir las características de tu cuerpo y adaptar tu enfoque es esencial para vencer a la inflamación! Aunque la inflamación prolongada actúa como un enemigo común, afecta a cada órgano de manera diferente. Del mismo modo, el sistema inmune de cada persona responde de forma única ante la inflamación. Saber más sobre este tema nos ayuda a ser más conscientes de nuestro cuerpo y de cómo podemos apoyarlo a combatir estas amenazas.

Este entendimiento nos lleva hacia la [medicina personalizada](#), donde cada jugador considera sus factores únicos para avanzar en el juego de la salud, promoviendo un enfoque más inclusivo en un mundo en constante cambio. Recuerda que incluso los descubrimientos pequeños son de suma importancia, ya que en conjunto nos llevan a avances más significativos. Como dijo Marie Curie: 'Nada en la vida debe ser temido, sólo comprendido. Ahora es el momento de entender más para temer menos'. ¡Es hora de conocer a tu enemigo y ganar la batalla!

PARA SABER MÁS

1. Dance A. "Sexo, inmunidad y el cerebro". *Knowable Magazine* (2023). Consúltalo en: <https://es.knowablemagazine.org/content/articulo/salud-enfermedades/2023/sexo-inmunidad-y-cerebro>
2. Mayo Clinic. "Insuficiencia cardíaca". *Mayo Clinic* (2023). Consúltalo en: <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/heart-failure/symptoms-causes/syc-20373142>
3. Kaistha A. "Enfermedad Hepática Grasa Asociada a La Disfunción Metabólica (MAFLD)". *GIKids* (2024). Consúltalo en: <https://gikids.org/metabolic-dysfunction-associated-steatotic-liver-disease/?lang=es>.

LAS MENTES CREATIVAS

Lucia Michelle Chávez López

Facultad de Medicina, Universidad Xochicalco, Campus Ensenada.

Baja California, México.



Karina del Carmen Lugo Ibarra

Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California (UABC).

Ensenada, Baja California, México.



Ana B. Castro Ceseña

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE).

Baja California, México.

Contacto: acastro@cicese.mx



Glosario

Célula troncal hematopoyética

Son células madre que se encuentran principalmente en la médula ósea y que tienen la capacidad de generar todas las células sanguíneas del cuerpo, como los glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas.

Elemento químico

Se refiere a una sustancia pura que puede encontrarse en la naturaleza.

Esteatosis hepática metabólica

Es una alteración que ocurre cuando hay demasiada grasa en el hígado de una persona; suele ocurrir en personas con sobrepeso o que no comen saludablemente, y no está relacionada con el consumo del alcohol.

Estrés oxidativo

Alteración de las condiciones normales de la célula que se presenta cuando la cantidad de especies reactivas de oxígeno es demasiada y no hay suficientes antioxidantes para eliminarlas.

Gen Tmc1

Es un gen causante de la pérdida de la audición, ya que gracias a él se produce una proteína que participa en la percepción de sonidos.

Inflamación

Respuesta protectora de los tejidos del organismo ante una irritación o lesión, que se caracteriza por sus cuatro signos cardinales: enrojecimiento (rubor), calor, edema (hinchazón) y dolor, acompañado de una disminución o pérdida de la función.

Isquemia-reperfusión

Fenómeno que implica la interrupción temporal del flujo sanguíneo a un órgano durante una cirugía u otro evento, seguida de la restauración del flujo.

Leucemia

Es un cáncer que afecta la sangre, produciendo glóbulos blancos de manera descontrolada y anormal, lo que impide que la sangre funcione correctamente. Esto afecta el transporte de oxígeno, el control de infecciones y la coagulación.



Linfocitos T

Son un tipo de glóbulo blanco fundamental para la respuesta inmune adaptativa, que es la parte del sistema inmunológico que responde de manera específica a los microorganismos y células anormales del cuerpo.

Linfocitos T reguladores

Son un grupo de linfocitos que juegan un papel clave en el mantenimiento de la tolerancia inmunológica, ya que ayudan a controlar y suprimir la actividad de otras células inmunitarias.

Medicina personalizada

Es un enfoque que adapta los tratamientos médicos a las necesidades específicas de cada persona, al considerar factores como la genética y el estilo de vida del paciente, para ofrecer la mejor atención posible.

RANK-L

Es una molécula producida por los linfocitos T, encargada de regular la actividad de los osteoclastos, que son las células responsables de la destrucción del hueso.

Sistema CRISPR

Sistema de "tijeras moleculares" que es utilizado para cortar o editar el material genético de cualquier organismo.

Tolerancia inmunológica

Es el mecanismo mediante el cual el sistema inmunológico de una persona evita atacar a sus propias células y tejidos.

Variolización

Inoculación preventiva del virus de la viruela que se realizaba con la finalidad de inducir protección contra dicha enfermedad.

Vector viral

Virus modificado que funciona como vehículo para introducir material genético exógeno en una célula.

Boletín

¿Quieres hacer divulgación?

Te damos unos tips

Sí:

- ✓ Conoce a tu público
- ✓ Utiliza lenguaje accesible
- ✓ Usa imágenes atractivas
- ✓ Cuenta una historia
- ✓ Sal de la burbuja, conecta con tu audiencia

No:

- ✗ Subestimes a tu audiencia
- ✗ Desinformes
- ✗ Uses "figuras" complejas
- ✗ Uses lenguaje aburrido
- ✗ Ignore el contexto cultural

Si te gustaría aprender estrategias para facilitar tu labor divulgativa, contáctanos dando clic aquí

@ElDansp @Lakishimishi

PUBLICA EN "EL INFOCITO"

✓ Envía una propuesta de artículo para el próximo número

CONTRIBUYE CON TU CONOCIMIENTO A LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA EN INMUNOLOGÍA

Encuentra las políticas y envía tu trabajo:
sociedadmexicanadeinmunologia.org

¡CONVOCATORIA ABIERTA!

SAVE THE DATE

XXVI Congreso Nacional de Inmunología 2025.

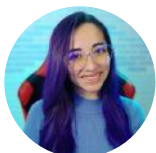
28 DE SEPTIEMBRE AL 02 DE OCTUBRE 2025

CHIHUAHUA, CHIHUAHUA.



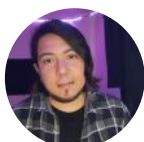
Agradecimientos

Comité Editorial



Jessica Lakshmi Prieto Chávez
IMSS | Lakishimishi
Editora en jefe

J. Marvin Rivera Jiménez
Facultad de Medicina, UNAM
Editor ejecutivo



Daniel Rivera Mendoza
CICESE | El Dan sp



Diana C. Villalpando Sánchez
INCan | HIMFG



Libier Cabrera Rivera
ENCB, IPN

En este número también nos apoyaron:

Agustín Ávila Casanueva - UNAM
Brenda Gómez Loza - Cruda Científica
Cristian Ulises Carbajal González - Biociencia Wild
Cynthia Fernández Pomares - ESM IPN
David Pascual Galván - IPN
Diana Lorena Alvarado Hernández - UASLP
Edgar Illescas Aparicio - Los Enigmas del Puma
Elizabeth Arlen Pineda Peña-FES Zaragoza
Fátima Alonso - Mi vida en Biología
Ismael Mancilla Herrera - INPer
Juan Antonio Ramirez Corona - CUCS, UdG

Juan Fernando Montes García- FES Iztacala UNAM
Karla Evelia Cervantes Luévano - CICESE
Lourdes Andrea Arriaga Pizano - IMSS
Luvia Enid Sánchez Torres - IPN
Mitzuko Dautt Castro - CIAD, Conahcyt
Miryam Martínez Hernández - UNAM
Nicté Guadalupe Figueroa Vega - UGto
Ricardo Emmanuel Martínez Martínez - IPN
Ruth Rodríguez Montaña - UdG
Yair Omar Chávez Estrada - UANL
Yessenia Brito Pérez - INPer

Caperucita Blanca

Las historias de Caperucita Blanca nacen en los sueños de Marion E. G. Brunck y Jessica Lakshmi.

Portada e ilustración

La portada de este número y la ilustración del cuento *Caperucita blanca* fueron realizadas por Felipe G. Serrano (@biologo_ilustrador).

Diseño editorial

El diseño editorial de este número fue realizado por Jessica Lakshmi (@Lakishimishi).

Las imágenes originales de cada artículo fueron proporcionadas por sus mismos autoras y autores.

Agradecemos a la Mesa Directiva 2023 - 2025
de la Sociedad Mexicana de Inmunología por apoyar este proyecto



SOCIEDAD MEXICANA DE INMUNOLOGÍA
En la lucha contra las enfermedades infecciosas, autoinmunes, alergias y el cáncer