

UN AÑO DE

THE 2024-2025 CONVER  
SATION  
Júnior

¡Expertos  
responden las  
dudas científicas  
de jóvenes  
curiosos!

THE CONVERSATION

# Índice

THE CONVERSATION  
Júnior

- 3** Quiénes somos
- 4** Qué es TC Júnior
- 5** ¿Cómo sabemos tanto del núcleo terrestre si apenas hemos excavado doce kilómetros de profundidad?
- 8** ¿Por qué se produce un 'déjà vu'?
- 11** ¿Cómo saben los expertos que una especie se ha extinguido?
- 14** ¿Existen los agujeros blancos? ¿Y qué pasaría si se encontraran con un agujero negro?
- 17** ¿Qué le sucede a nuestro organismo cuando tomamos mucha sal?
- 19** ¿Cuál es la enfermedad más difícil de curar?
- 22** ¿Cómo sabemos que los humanos causan el cambio climático?
- 25** ¿Qué había antes del Big Bang?
- 29** ¿Cómo se quema el Sol si no hay oxígeno en el espacio exterior?
- 32** ¿Cómo construyeron los egipcios las pirámides sin apenas tecnología?
- 36** ¿Cuál es la temperatura más baja que puede existir?
- 39** ¿Cómo combate el cuerpo los gérmenes?
- 42** ¿Cómo son los telescopios más potentes del mundo y qué podemos ver con ellos?
- 45** ¿Cómo empezó la vida en la Tierra?
- 48** ¿Para qué se crean animales transgénicos?



- 51** ¿Es posible cultivar alguna planta de nuestro planeta en Marte?
- 54** ¿Cómo se genera energía a partir del hidrógeno?
- 56** ¿Por qué no podemos respirar debajo del agua?
- 59** ¿Qué podemos saber de los dinosaurios por sus huellas?
- 62** ¿Es posible que nos trasplanten una cabeza?
- 65** ¿Por qué no imprimen más dinero si hace falta?
- 68** ¿Por qué soñamos?
- 71** ¿Por qué podemos sentir cuando alguien nos está mirando fijamente?
- 74** ¿Por qué lloramos cuando estamos tristes y también cuando estamos alegres?
- 77** La DANA, explicada a niños y adolescentes
- 80** ¿Llegará un día en que la inteligencia artificial experimente emociones?
- 83** ¿Qué se siente y se piensa justo en el momento de morir?
- 86** ¿Cuánto tiempo duró la extinción de los dinosaurios?
- 89** ¿Por qué nuestros brazos o piernas no vuelven a crecer como la cola de las lagartijas?
- 92** ¿Son todos los virus dañinos?
- 95** ¿Qué hay dentro de un agujero negro?

Con la colaboración de:

PARQUE de las CIENCIAS  
ANDALUCÍA - GRANADA



UPV/EHUko  
Kultura Zientifikoko Katedra  
Urteko txostena

# ¿Qué es TC Júnior?

Querida lectora, querido lector:

The Conversation Júnior es una sección que empezó su andadura el 15 de febrero de 2024 y en la que ya se han publicado 31 artículos sobre las más diversas temáticas: astronomía, medicina, historia, zoología, economía, neurociencia, paleontología, medioambiente, etc. En ellos, especialistas de primer nivel pertenecientes a las principales universidades y centros de investigación asumen el reto de responder a las preguntas de estudiantes de entre 12 y 16 años con un lenguaje ameno y accesible.

El objetivo no es otro que acercar la ciencia a los más jóvenes aunando el máximo rigor y la cercanía con el lector, al más puro estilo The Conversation.

Salud,

**Pablo Colado**  
Editor de TC Júnior y redactor jefe  
de The Conversation ES



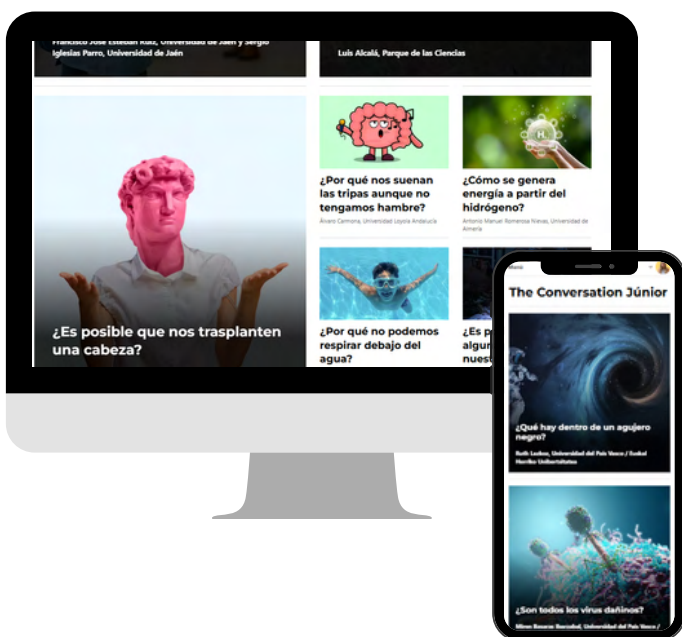
# Quiénes somos

**The Conversation proporciona un espacio de debate basado en los hechos y la evidencia científica, editorialmente independiente y sin compromisos comerciales ni políticos.**

The Conversation, plataforma de comunicación declarada de utilidad pública, sin ánimo de lucro, sin publicidad y de libre acceso, publica artículos de carácter divulgativo, escritos por investigadores o docentes universitarios, sobre temas de su especialidad, y los disemina con licencias CC a través de su republicación en medios de todo el mundo.

En sus más de seis años de vida la edición en español de The Conversation ha incorporado a la nómina de instituciones colaboradoras a unas 80 universidades y destacados centros de investigación.

Desde junio de 2018, la plataforma ha publicado más de 13.650 artículos que han sido leídos más de 310 millones de veces directamente desde [theconversation.com/es](http://theconversation.com/es) o a través de republicación, en español, inglés, portugués, francés y bahasa indonesio, entre otros.





# ¿Cómo sabemos tanto del núcleo terrestre si apenas hemos excavado doce kilómetros de profundidad?

Los científicos pueden hacerle “radiografías” al interior de nuestro planeta analizando las ondas sísmicas que desatan los terremotos.

Pregunta de Antonio, de 16 años. IES Virgen del Castillo. Lebrija (Sevilla).

Autoría



**Julio Ballesta Claver**  
Profesor Titular de didáctica de las ciencias experimentales, Universidad de Granada

¿Cómo podríamos ir al centro de la Tierra y ver lo que hay ahí dentro? Quizás por el sitio más idóneo: bajando por la boca de un volcán (como el que entró hace poco en erupción en Islandia), al estilo de lo que hicieron los protagonistas de la novela de Julio Verne Viaje al centro de la Tierra, de 1864. ¿Es una idea viable?

En la actualidad, la distancia más profunda a la que se ha podido llegar es de unos 12,2 kilómetros, como bien dice el autor de la pregunta.

El boquete fue abierto en 1992 en la península de Kola (Rusia) y tardó en perforarse ¡más de 20 años!

Podríamos pensar que esa es la profundidad total de nuestro planeta, pero no es así, obviamente. Los 12 km solo constituyen 1/500 de los 6 400 km que separan la superficie del centro terrestre. Esto equivale aproximadamente a dos veces y media la distancia máxima de España, de punta a punta. Increíble, ¿verdad?

# THE CONVERSATION

Entonces, ¿cómo pueden contar los libros de texto tantas cosas (composición, capas, profundidad...) sobre el interior de la Tierra?

## Primera pista: las rocas volcánicas

Una posibilidad consiste en analizar el material que expulsan los volcanes, las llamadas rocas volcánicas. Sin embargo, estas rocas solamente provienen de una profundidad máxima de 200 km, lo que no nos dice mucho de todo lo que hay más abajo (nos faltan 6 200 km más). Por tanto, necesitamos de otra evidencia. En concreto, los científicos se sirven de un fenómeno natural que, cuando ocurre, puede desencadenar una tragedia: los terremotos.

## Lo que nos cuentan los terremotos

Un terremoto es un movimiento brusco de tierra debido a una gran liberación de la tensión que se ha ido acumulando durante mucho tiempo. Esa sacudida se comunica a la roca vecina (la energía se transfiere) como si fueran fichas de dominó, generando un movimiento ondulatorio que se desplaza durante muchos kilómetros. Son las llamadas ondas sísmicas.

A lo largo de la Tierra hay muchas estaciones sísmicas que detectan terremotos (cada año se registran entre 200 y 300), por lo que podemos medir cuándo llega esa onda. Si tenemos dos estaciones en lados opuestos del globo terráqueo se observa una cosa curiosa: las ondas tardan más de la cuenta en llegar. ¿Por qué?

## Atentos a la velocidad de las ondas sísmicas

Al aproximarnos al centro de la Tierra, la velocidad de las ondas sísmicas disminuye. Se debe a que el material está más separado (como piezas de dominó

más alejadas entre sí), volviéndose más líquido y aumentando la temperatura. Los líquidos transmiten las ondas peor que los sólidos.



Las ondas sísmicas se transmiten como fichas de dominó que se empujan las unas a las otras.

Podemos decir que nuestro planeta es como una barra de chocolate con nueces, almendras y demás ingredientes que se va derritiendo conforme nos acercamos a uno de sus extremos (el interior de la Tierra).

Es curioso mencionar que, dentro de una región de similar composición, las ondas aceleran hasta encontrar una zona en la que, bruscamente, su velocidad cambia. Esto sucede unas cinco veces, por lo que sabemos que hay cinco regiones o capas diferenciadas por sus respectivos límites a lo largo del interior de la Tierra.

Estas capas se llaman corteza, manto superior, manto inferior, núcleo externo y núcleo interno. Los límites se denominan discontinuidades y tienen los nombres de los científicos que las descubrieron: Mohorovicic (de la corteza al manto superior), Repetti (del manto superior al manto inferior), Gutenberg (del manto inferior al núcleo externo) y Lehmann (del núcleo externo al núcleo interno).

# THE CONVERSATION

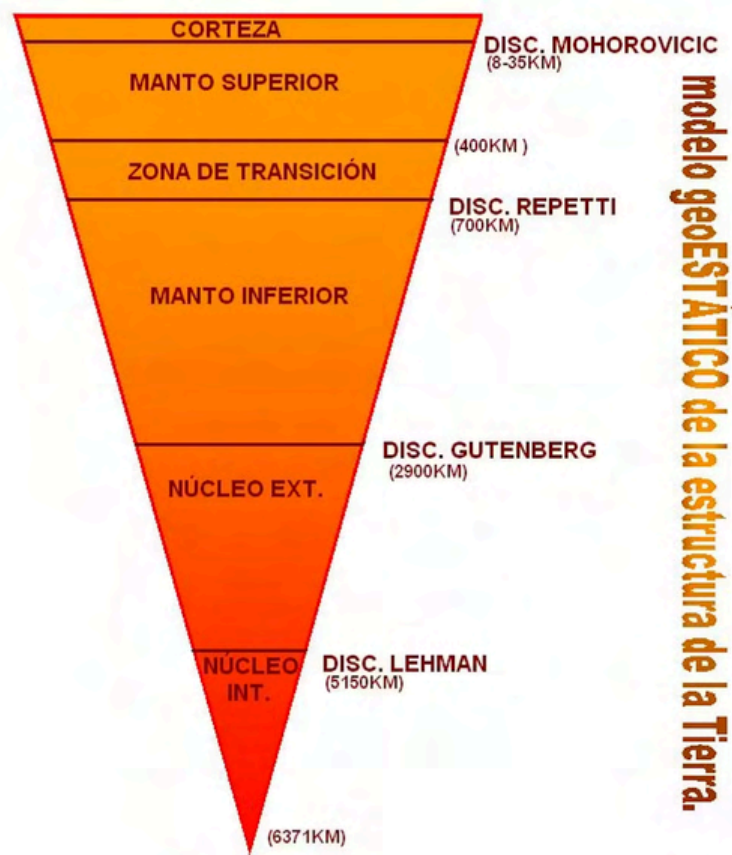
En resumen, las ondas sísmicas nos permiten hacer una radiografía tipo “rayos X” para ver de qué está hecha por dentro nuestra madre Tierra.

## Lo que nos puede deparar el futuro

Quizás llegue el día en el que los seres humanos podamos crear un vehículo tripulado que pueda viajar al centro de la Tierra, como imaginaron los guionistas de la película *El núcleo* (2003). Quien no la haya visto ya, está tardando.

Solo necesitamos dos cosas: un material indestructible –hoy desconocido– como el *unobtainium* (el “inobtenible”, palabra que se emplea para nombrar elementos químicos no descubiertos y difíciles de conseguir), y un láser sónico que nos permita derretir roca sólida.

Pero eso de momento es ciencia ficción. ¿Será realidad en el futuro? Quizás seas tú uno de los científicos que lo consiga. ¡Quién sabe!



Zonas y límites del interior de la Tierra. Wikimedia Commons, [CC BY](#)



**Pregunta de  
Naiara, de 15 años.  
IES Ramón y Cajal.  
Tocina-Los Rosales  
(Sevilla).**

## ¿Por qué se produce un 'déjà vu'?

La inquietante sensación de haber vivido antes algo que no habíamos experimentado hasta ese momento tiene explicación: es un fallo de computación de ese superordenador que llamamos cerebro.

Autoría



**Francisco José Esteban Ruiz**

Profesor Titular de Biología Celular, Universidad de Jaén

Imagina que vas por primera vez a casa de un amigo o una amiga y, al entrar, sientes que ya has estado allí, que conoces el lugar incluso como si supieras dónde está todo. Sin embargo, sabes perfectamente que nunca habías ido antes. Esa sensación extraña y fugaz es lo que llamamos *déjà vu*, que significa “ya visto” en francés. Es como si tu mente te gastara una pequeña broma, haciéndote sentir que estás reviviendo un momento que en realidad es completamente nuevo para ti.

### Una experiencia de lo más normal

No te preocupes: sentir un *déjà vu* es algo común. A la mayoría de las personas nos ha ocurrido, y seguramente en más de una ocasión. Por eso, este fenómeno –

que en español también se llama paramnesia– está siendo ampliamente investigado y debatido en campos científicos tan serios como la neurociencia y la psicología.

En un estudio llevado a cabo en 386 personas, 294 (es decir, el 76 %) dijeron que alguna vez habían sentido eso de “ya he vivido esto antes”, aunque no hubiese ocurrido realmente.

Pero cuanta más edad tenemos, menos nos pasa: de los jóvenes entre 18 y 29 años, casi 9 de cada 10 han sentido un *déjà vu*. En las personas entre 30 y 39 años, baja un poco, porque 8 de cada 10 lo han experimentado. Y así sigue descendiendo: de los que tienen entre 40 y 49 años, alrededor de 7 de cada 10 dicen haberlo sentido, entre los de 50 a 59 años, 6 de cada 10, y entre los 60 y 69, la estadística ya baja al 50 %.



# THE CONVERSATION

## Hay más de un tipo de *déjà vu*

Se han descrito tres tipos diferentes de *déjà vu*: *déjà visité*, o “ya visitado”; *déjà vécu*, o “ya vivido”, y *déjà senti*, o “ya sentido”. Expliquémoslos con algún ejemplo.

- Al *déjà visité*, lo ya visitado, le corresponde el ejemplo con el que hemos comenzado este artículo: cuando sientes que ya conoces el lugar aunque es la primera vez que lo visitas.
- Un *déjà vécu*, lo ya vivido, nos ocurre cuando percibimos que no solo hemos visto algo antes, sino que lo hemos vivido. Por ejemplo, estás contando una historia sobre tus vacaciones y de repente sientes que ya has narrado esa misma historia, con los mismos detalles y con las mismas reacciones de tus amigos, aunque tienes claro que es la primera vez que lo estás haciendo.
- Y un ejemplo de *déjà senti*, lo ya sentido, puede ser cuando escuchas a alguien decir algo por primera vez y tienes la sensación de que ya te lo habían dicho antes. Vaya lío. O sea, como si en un sueño alguien te hubiera dicho exactamente lo mismo, y te deja pensando “¿dónde he oído eso antes?”.
- Para rizar el rizo, también nos puede ocurrir lo contrario de un *déjà vu*: un *jamais vu*, o “nunca visto”. Se produce cuando algo que nos es muy familiar de repente lo sentimos como extraño o nuevo. Por ejemplo, estás escribiendo la palabra “teléfono” y, de repente, te parece rara. Incluso te preguntas si está bien escrita, aunque sabes perfectamente qué es y la has escrito antes miles de veces. ¿No te ha pasado? A mí, sí.

## Pero ¿por qué nos pasa?

Imagina que tu cerebro es como un supercomputador que procesa toda la información que recibes. A veces, este potentísimo ordenador hace cosas un poco raras, y eso es lo que nos genera la extraña sensación de “esto ya lo he vivido”. Entre las más de 800 publicaciones científicas que, a día de hoy, se encuentran en la prestigiosa base de datos científica [PubMed](#), podemos detectar diversas teorías que intentan explicar este fenómeno.

Una de ellas es la teoría de la **desincronización neuronal**. Para entenderla hay que tener en cuenta cómo funciona la memoria, el sistema cerebral de almacenamiento de mensajes de nuestro cerebro. Usualmente, estos mensajes pasan por una estación de control (zona de memoria a corto plazo) antes de llegar a su destino final (zona de memoria a largo plazo). Pero, a veces, un mensaje toma un atajo y llega directamente al final (a la zona de memoria a largo plazo), saltándose la estación de control. Esto confunde a tu cerebro, haciéndote pensar que el mensaje (la experiencia) no es nuevo, sino algo que ya has recibido antes. Ha fallado la sincronización entre los grupos de neuronas de ambas zonas.

Otra teoría es la de la **memoria fragmentada**. Ahora piensa que tu memoria se almacena como un rompecabezas, y cada cosa que recordamos es una pieza. A veces, ocurre algo en el presente que encaja a la perfección con una pieza del puzle de tus recuerdos pasados, pero no puedes ver toda la imagen para saber de dónde viene. Esto puede hacer que algo completamente nuevo te parezca familiar, como si ya lo hubieras vivido.

# THE CONVERSATION

También está la teoría de los **errores de reconocimiento**. Simplemente, tu cerebro puede confundirse y pensar que reconoce algo nuevo como si ya lo hubieras visto antes, incluso cuando no es así.

Y, por último, la teoría de las **conexiones neuronales** nos dice que las conexiones entre diferentes regiones del cerebro (las llamadas redes cerebrales) pueden fortalecerse o debilitarse con el tiempo. A veces, esto hace que se active una red que no corresponda a la situación que está sucediendo. Por ejemplo, que se encienda de modo inusual una red de memoria que genere esa sensación de familiaridad.

“

Aunque estas son algunas ideas para explicar por qué ocurre el *déjà vu*, todavía plantea un gran misterio para la ciencia. Es una de esas cosas raras y fascinantes que ocurren en nuestro cerebro.





# ¿Cómo saben los expertos que una especie se ha extinguido?

**Certificar la extinción de una especie no es tan fácil como podrías pensar.**

Pregunta de Paola, de 14 años. Colegio Amor de Dios. (Cádiz)

Autoría



**A. Victoria de Andrés Fernández**  
Profesora Titular en el Departamento de Biología Animal, Universidad de Málaga

Es una pregunta extraordinariamente difícil de responder, porque ninguno de los dos conceptos que encierra, “especie” y “extinción”, tiene una definición clara e inmediata. De hecho, son dos de los conceptos biológicos más complejos que existen. Veamos por qué.

## ¿Qué es una especie?

A priori, no debería ser un problema contestar a esto, puesto que la especie es el único taxón biológico (que son como los cajones donde los expertos clasifican los seres vivos) que “realmente” existe en la naturaleza.

Nosotros, los humanos, pertenecemos a la familia de los homínidos, incluidos en el orden *Primates*, dentro de la clase *Mamíferos* como parte del filo *Cordados* del *Reino Animal*. Sin embargo, todos

estos “cajoncitos”, encajados unos dentro de otros como las muñecas rusas, no tienen existencia real en la naturaleza. Los hemos construido para poder estudiar la inmensa biodiversidad del planeta. Hay tantos animales que, o hacemos grupitos (taxones), o es imposible estudiarlos todos a la vez.

Sin embargo, el último cajón, la especie, sí que tiene entidad verdadera. De hecho, la humanidad ha diferenciado las especies y les ha puesto nombres para poder referirse a ellas desde el inicio de los tiempos.

Pues bien, a pesar de ser tan intuitiva, la idea de especie es extraordinariamente difícil de definir. De entrada, lo más lógico sería referirnos a las especies como grupos de individuos que se parecen entre sí y que se diferencian en

# THE CONVERSATION

su morfología de otros grupos más o menos similares, ¿verdad? Por eso sabemos que un caballo es un caballo (y no una cebra, aunque se le parezca bastante) y que un boquerón es un boquerón (y que, cuando se reproduzca, tendrá “boqueroncitos” y no “sardinitas”).

## Tan diferentes pero de la misma especie

Sin embargo, esta manera de definir las especies tiene dos grandes fallos. El primero es que algunas especies cambian radicalmente de forma a lo largo de su vida. De hecho, la mayoría de ellas pasan por formas larvarias que no se parecen, absolutamente nada, a su aspecto adulto.

Una mosca, por ejemplo, cuando sale del huevo es vermiforme, es decir, tiene forma de alargado y blandito gusano. Nada que ver con la apariencia compacta y la rigidez externa que le aportará su cutícula quitinosa adulta.

Otras especies, en cambio, no alteran mucho su aspecto a lo largo de su existencia, pero incluyen formas tan diferentes que cuesta creer que pertenezcan a la misma especie. Pensemos en un gran danés y un caniche. Si fuésemos extraterrestres y pisáramos La Tierra por primera vez, muy posiblemente no los incluiríamos dentro de la misma especie “perro”.



Aunque parezca mentira, todos son de la misma especie: ‘Canis familiaris’.

No nos vale, pues, este concepto (el llamado “concepto tipológico”). Sin embargo, sí que nos sirve el “concepto biológico”. Según esta manera mucho más dinámica de contemplar la biodiversidad, una especie sería un conjunto de individuos total o potencialmente “interfértil” entre sí. Esto significa que meteríamos en el mismo saco al pequinés y al pastor alemán porque sabemos que, entre ellos, se cruzarían para darnos una bonita camada de cachorros, tan perros como su padre y su madre.

Además, los miembros de la especie “perro” estarían aislados reproductivamente del resto. Es decir, entre ellos tendrían perritos, pero no podrían cruzarse con, por ejemplo, un zorro.

Este concepto biológico es el que se da por válido actualmente. No disponemos de otro mejor, a pesar de sus limitaciones. Por ejemplo, tigres y leones puntualmente pueden hibridar, generando *tigrones*.



Un tigrón, híbrido de tigre y león. [videohouse](#) / [Shutterstock](#)

## A veces es difícil certificar la extinción

Una especie (o taxón) está extinta cuando todos sus miembros han desaparecido, o sea, han muerto sin descendencia y no existe ni un solo representante con ese ADN identitario. Es lo que se denomina una extinción terminal.

# THE CONVERSATION

Aparentemente, no debería haber problemas para entender este concepto, pero la realidad es que no siempre las cosas son tan claras.

Veamos algunos ejemplos:

1. Hace unos años, se podía afirmar que el lobo estaba extinguido en una amplia zona de Europa occidental. Sin embargo, ahora hay bastantes ejemplares de esta especie. ¿Cómo es posible? Fácil. No se trataba de una extinción terminal (total), sino local. Con la simple recolonización por lobos de otros lugares se revirtió la situación.
2. Actualmente, la tortuga de caparazón blando del Yangtzé (*Rafetus swinhoei*) se considera extinguida funcionalmente, aunque existan ejemplares vivos. La realidad es que la última hembra que quedaba murió el año pasado y, sin capacidad de reproducirse, la especie está condenada a su extinción total. También se consideran funcionalmente extintas aquellas especies cuyos escasísimos ejemplares están enfermos o sometidos a una depresión endogámica que hace inviable su capacidad de adaptación.
3. Las aves son el resultado de un proceso evolutivo originado a partir de un grupo de dinosaurios emplumados. Es decir, las aves conservan la mayor parte de la información genética de sus antecesores reptilianos. Desde este punto de vista, los dinosaurios no se habrían extinguido sino “pseudoextinguido”.
4. Imaginemos cualquier especie sobreviviendo a lo largo del tiempo. Sufrirá, como todas, una variación genética sometida a la selección natural de un medio siempre cambiante como el de nuestro

planeta. Aunque la línea padres-hijos no se interrumpa y la especie se mantenga, a lo largo de un amplio periodo geológico habrá cambiado sustancialmente. Si viajáramos en el tiempo y cruzásemos un ejemplar actual con uno de hace unos cuantos millones de años, muy posiblemente ya no podrían reproducirse. O dicho de otra forma, no serían la misma especie (aplicando el concepto biológico que antes explicamos). Los ejemplares del pasado también se habrían pseudoextinguido, aunque de forma ligeramente diferente a como lo hacían los dinosaurios con las aves (evolución anagenética frente a cladogenética).

## **No los deis tan rápido por muertos: fósiles vivos y “especies zombis”**

En cualquier caso, ratificar una extinción no es tarea fácil. Han aparecido poblaciones de especies declaradas terminalmente extintas en lugares remotos del planeta y los científicos las hemos tenido que “resucitar”. Son las llamadas “especies lázaro” o fósiles vivos.

Muy sonado fue el caso del celacanto pescado en el Índico en 1938. Cuando el zoólogo de la universidad sudafricana de Rhodes lo examinó supongo que pensaría: “¿Pero qué haces tú aquí? ¿No te extinguiste a finales del Mesozoico?”.

El caso contrario son las “especies zombis”, que hemos supuesto vivas y coleando en un determinado periodo pese a llevar extinguidas millones de años. Eso ha pasado con algunos fósiles de ammonites, datados en el Cretácico cuando, en realidad, se extinguieron en el Jurásico. En este caso, la erosión removió fósiles de su lecho original para redepositarlos en sedimentos más recientes y así, de camino, ¡volver locos a los científicos!



**Pregunta de  
Marta, de 15 años.  
IES Santa Teresa.  
(Jaén)**

## ¿Existen los agujeros blancos? ¿Y qué pasaría si se encontraran con un agujero negro?

En pocas palabras, los agujeros blancos son como los agujeros negros, pero al revés: en vez de devorar luz y materia, la expulsan. Los científicos creen que podrían existir, aunque todavía no se ha encontrado ninguno.

Autoría



**Gerardo García Moreno**  
Doctorando en Física Teórica (PhD student in theoretical physics), Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC)



**Carlos Barceló Serón**  
Científico Titular del CSIC, Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC)

Desde que Albert Einstein alumbrara la teoría general de la relatividad hace más de cien años, decimos que la gravitación es un efecto geométrico. ¿Y esto qué significa?

Imagina una malla elástica –el conjunto del espacio y el tiempo– que se deforma cuando le ponemos encima algún objeto, como una pelota, por ejemplo. Cuanta más materia haya concentrada en una región (cuanto más pesada sea esa pelota), más se curvará la malla.

# THE CONVERSATION

Y esto afecta al resto de partículas que se mueven por el espaciotiempo. Si tiramos una segunda pelota sobre la malla curvada por la primera, va a seguir una trayectoria también curva. Y si la lanzamos con una cierta velocidad, podemos conseguir que describa trayectorias elípticas a su alrededor. ¡Como los planetas alrededor del Sol!

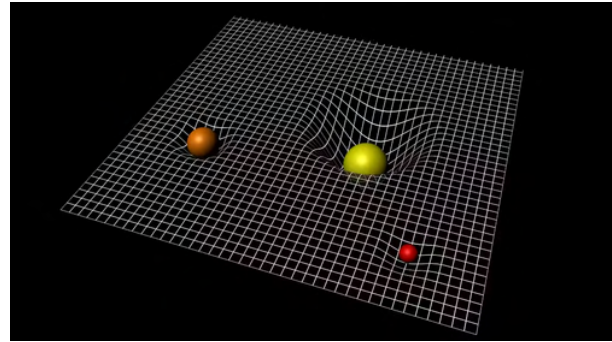
Definido ahora de forma más abstracta: la forma del espacio y el paso del tiempo se distorsionan por la presencia de materia. Por eso decimos que la materia curva el espaciotiempo. Esta ley de atracción rige tanto los movimientos de los planetas como la caída de una simple manzana desde una rama de su árbol.

## Una hormiga aplastada por la gravedad

El caso más extremo de atracción gravitatoria se produce cuando un objeto colapsa o se encoge sobre sí mismo hasta alcanzar un tamaño menor que una medida que se conoce como "radio gravitacional".

Ahora imagina una hormiga paseando por la superficie de la Tierra. Si nuestro planeta de repente se encogiera a la mitad manteniendo su masa, el peso de la hormiga se multiplicaría por cuatro. Esto obedece a la ley de la gravitación universal de Newton, según la cual los objetos se atraen con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

Nuestra pequeña amiga tendría que hacer mucho esfuerzo para no aplastarse contra el suelo. Y si la Tierra se volviera a encoger al 50 %, el peso inicial de la hormiga se multiplicaría nada menos que 16 veces.



Según la teoría general de la relatividad de Einstein, la materia curva (o 'abolla') el espaciotiempo. ESA / C.Carreau, CC BY

## Si la Tierra se convirtiera en una canica

Pues bien, si nuestro planeta siguiera haciéndose pequeño, llegaría un momento en que nada podría resistir la fuerza gravitatoria, la fuerza repulsiva entre las partículas que soportan a la Tierra no aguantaría y todo desaparecería de la vista formando lo que se conoce como agujero negro.

En el caso de nuestro hogar espacial, esto sucedería si encogiera hasta alcanzar el tamaño de una canica: ¡su radio gravitacional es de solo 0,8 centímetros!

No sabemos si existe algún agujero negro tamaño canica en el universo, pero sí parecen existir algunos con dimensiones kilométricas y varias veces la masa de nuestro Sol. También los hay mucho más grandes, gigantescos: ocupan el espacio de un sistema planetario y tienen una masa que equivale a miles de millones de la del astro rey.

Un agujero negro es, por tanto, el resultado extremo de un proceso de compactación de materia. Son negros porque se ha generado una región del espaciotiempo con un campo gravitacional tan intenso que ni tan siquiera la luz puede escapar hacia el exterior. La superficie de esta región de "irás pero no volverás" es lo que se conoce como el horizonte de sucesos.



Primera imagen de un agujero negro, tomada en 2019 por el Telescopio del Horizonte de Sucesos. Es un monstruo cósmico: su masa equivale a 6.500 millones de veces la masa del Sol. Telescopio del Horizonte de Sucesos / ESO, [CC BY](#)

Un agujero negro es, por tanto, el resultado extremo de un proceso de compactación de materia. Son negros porque se ha generado una región del espaciotiempo con un campo gravitacional tan intenso que ni tan siquiera la luz puede escapar hacia el exterior. La superficie de esta región de “irás pero no volverás” es lo que se conoce como el horizonte de sucesos.

## Una película al revés

Una vez que sabemos qué es un agujero negro, ya podemos explicar en qué consiste un agujero blanco. Cabe deducir que se forma por un proceso inverso al que hemos explicado antes. Es decir, se trata de una región del espaciotiempo muy compacta y extremadamente oscura que de repente deja de serlo y empieza a emitir luz y materia hacia el exterior.

Usando el símil de la Tierra, en lugar de imaginar a nuestro planeta haciéndose pequeño hasta desaparecer, ahora

tenemos que ver la película al revés: en una región espaciotemporal donde no observamos nada, de pronto aparece una pequeña Tierra del tamaño de una canica que se va haciendo grande y más grande hasta volver a ser el planeta que conocemos. Esta situación equivalente al agujero negro, pero con el tiempo “fluyendo hacia atrás”, es lo que se conoce como agujero blanco.

Pero no debemos asociar los agujeros negros a la gravedad atractiva (la que todos conocemos) y los blancos a la repulsiva (la que, inversamente, repele). La fuerza gravitatoria que generan a ambos es exactamente la misma.


La diferencia se aprecia solamente en el comportamiento de lo que llamábamos horizontes de sucesos. En el agujero negro se forma una superficie desde cuyo interior nada escapa, mientras que en la superficie equiparable del agujero blanco –el horizonte blanco– ocurrirá lo contrario: todo sale.

## El pez negro se come al blanco

Una vez que hemos entendido qué es un agujero blanco, estamos en posición de responder a las preguntas del título. En primer lugar, no se sabe si hay agujeros blancos en el universo, de momento solo existen en teoría y no se ha observado ningún fenómeno que se asemeje a nada parecido. Además, se cree que los agujeros blancos serían inestables.

Y esto quiere decir que si un agujero blanco y un agujero negro colisionaran –respondiendo a la segunda pregunta–, la materia total acabaría formando un agujero negro de mayor tamaño y masa que el primero. Es decir, que el agujero negro engulliría al blanco.





# ¿Qué le sucede a nuestro organismo cuando tomamos mucha sal?

La sal es necesaria para el organismo, pero tomarla en exceso puede acarrear serios problemas de salud.

Pregunta de Pablo, de 15 años.  
IES Federico García Lorca. La Puebla de Cazalla (Sevilla).

Autoría



José Luis Guil Guerrero  
Catedrático de Tecnología de Alimentos, Universidad de Almería

¿Sabes cómo se elabora el jamón? Pues una de las etapas más importantes consiste en “sumergir” las patas del cerdo (es decir, los futuros jamones) en abundante sal durante varios días. Como la sal extrae una buena cantidad del agua que contienen los tejidos de la pata, la mayoría de las bacterias, insectos y hongos nocivos lo tienen muy difícil para vivir allí a partir de ese momento. Así se evita que la carne se pudra y podamos disfrutar de su textura y aroma inconfundibles (ya convertida en jamón) durante mucho más tiempo.

## Pepinos arrugados y lechugas resucitadas

De la técnica de curado de jamón podemos deducir que la sal extrae el agua del músculo y lo seca.

Ahora fíjate en estos otros ejemplos: un pepino sumergido en agua con sal – salmuera– encoge y se arruga; las hojas de lechuga algo marchitas recuperan su turgencia si las mojamos; y nosotros mismos, las personas, podemos “hincharnos” cuando consumimos demasiada sal, ya que nuestras células se llenan de agua.

Todos estos procesos tienen la misma explicación: el fenómeno conocido como “ósmosis”. Mediante la ósmosis, el agua se desplaza desde donde hay menos sal hacia los lugares en los que esta se encuentra en mayor proporción.

En los tejidos vivos, ese movimiento se realiza a través de las membranas celulares, una especie de muros

# THE CONVERSATION

protectores que permiten pasar al agua, pero no a las moléculas de cierto tamaño.

La ósmosis también está detrás de otros fenómenos naturales. Por ejemplo, permite que las plantas absorban el agua del suelo, transportándola desde el interior de las raíces hasta las partes superiores.

## ¿Por qué nos da sed la comida salada?

A diferencia de la pata del cerdo, si un organismo vivo ingiere demasiada sal, empieza a sentir sed. Al beber, compensamos con agua ese exceso en el interior de nuestro cuerpo.

Ten en cuenta que aunque todos los organismos están compuestos principalmente de agua, también contienen sales minerales. Y entre estas se incluyen el sodio y cloro, los componentes principales de la sal de mesa.

En definitiva, la sed se despierta para mantener el equilibrio entre el agua y la sal del organismo, algo imprescindible en las siguientes funciones corporales:

- Regulación de la presión arterial. El sodio de la sal influye en la cantidad de líquido que retiene nuestro cuerpo. Si el volumen de agua aumenta, también lo hace la cantidad de sangre que corre por nuestro sistema circulatorio, lo que a su vez incrementa la presión sobre las paredes de los vasos sanguíneos. Es decir, nos sube la tensión.
- Funcionamiento nervioso y muscular. Tanto el agua como el sodio son importantes para que se transmitan bien las señales nerviosas y se contraigan nuestros músculos.
- Equilibrio de los electrolitos y otros líquidos de los seres vivos. Llamamos electrolitos a una especie de imanes – positivos o negativos– que el cuerpo intenta mantener emparejados. En

colaboración con el agua, estos minerales disueltos en la sangre –sodio, cloruro, potasio, calcio y magnesio, entre otros– hacen que funcionen las células, que hagamos la digestión, que podamos mover los músculos, etc.

## El exceso de sal puede perjudicar seriamente tu salud

A la vista de todo lo anterior, pasarse con el salero o comer alimentos muy salados puede tener las siguientes consecuencias:

- Presión arterial alta (hipertensión). Aumenta las papeletas de sufrir ataques cardíacos o accidentes cerebrovasculares (ictus).
- Daño renal. El exceso de sal también aumenta la presión sobre los riñones, responsables de filtrar el exceso de sodio del cuerpo. A largo plazo, estos órganos pueden empezar a funcionar mal (insuficiencia) o desarrollar una enfermedad.
- Retención de líquidos. Produce hinchazón, especialmente en las extremidades y el abdomen.
- Desequilibrio de los electrolitos. Como hemos visto, esto puede afectar al funcionamiento del sistema nervioso, los músculos y el corazón.

Así que ya sabes: ¡la sal siempre en su justa medida!





**Pregunta de  
Helena, de 13  
años. CDP Stella  
Maris. (Almería)**

## ¿Cuál es la enfermedad más difícil de curar?

**Algunas enfermedades son hoy por hoy incurables, pero los científicos las conocen cada vez mejor y están encontrando sus puntos débiles.**

Autoría



**Guillermo López Lluch**

Catedrático del área de Biología Celular. Investigador asociado del Centro Andaluz de Biología del Desarrollo. Investigador en metabolismo, envejecimiento y sistemas inmunológicos y antioxidantes., Universidad Pablo de Olavide

Para quien sufre una enfermedad larga, la suya siempre será la más difícil de curar. Aunque en realidad hay algunas enfermedades objetivamente incurables: solo podemos tratar sus síntomas para que dejen de causar sufrimiento y avancen lo más lentamente posible.

Dentro de este catálogo a lo mejor te vienen a la cabeza el cáncer o alguna de las llamadas enfermedades autoinmunes –cuando las células del sistema inmunitario atacan por error a las células de nuestro propio organismo–, como la esclerosis múltiple, el lupus o la diabetes tipo 1.

Sin embargo, en los últimos años, los científicos han aprendido mucho sobre los orígenes de estos temibles enemigos de nuestra salud y cómo se relacionan con ciertos mecanismos biológicos. ¡Hay luz al final del túnel!

### **El cáncer: una enfermedad terrible pero cada vez más arrinconada**

Primera buena noticia: durante las últimas décadas, muchos tipos de cáncer han dejado de ser letales. De hecho, casi todos podrían ser curados si los detectáramos con suficiente antelación como para poder eliminar las células cancerosas antes de que éstas se dispersen e invadan muchos órganos.

Hoy en día, los tratamientos que están permitiendo curar a muchos enfermos de este conjunto de enfermedades que conocemos como cáncer son:

- **Radioterapia dirigida.** Consiste en lanzar poderosos haces de energía – normalmente rayos X– al tumor, intentando no causar daños a las células sanas que están a su alrededor.
- **Quimioterapia.** El paciente recibe un cóctel de medicamentos que matan a las células malignas. Se han

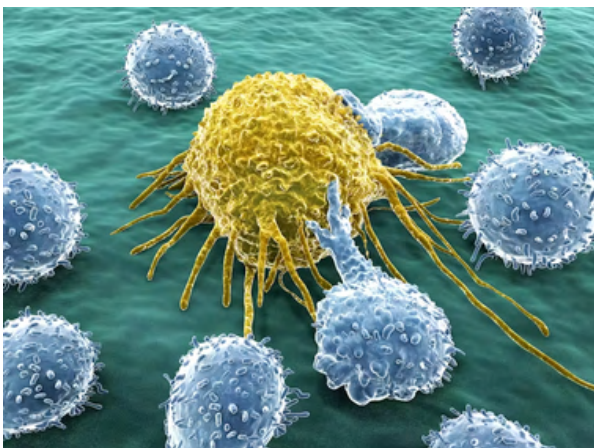
# THE CONVERSATION

- mejorado mucho las combinaciones de fármacos y su uso para cada tipo de cáncer.
- **Inmunoterapia.** Son las técnicas que utilizan el sistema inmunitario –el sistema defensivo de nuestro cuerpo– para atacar a las células cancerosas.

De todas formas, la mejor terapia es la prevención. Un gran avance en este campo ha sido crear vacunas que ponen contra las cuerdas al virus del papiloma, responsable de cánceres como el de cuello de útero y otras mucosas.

También se están desarrollando vacunas que permiten reconocer proteínas muy concretas de las células malignas y, como si fueran dianas, dirigen el ataque del sistema inmunitario contra ellas. Por ejemplo, se está investigando cómo señalar así a Her-2, una proteína muy abundante en células del cáncer de mama, para que el sistema inmunitario aniquile a las células que la contienen.

Pero la terapia más prometedora consiste en “reclutar” linfocitos T –un tipo de glóbulo blanco– como soldados de élite en la guerra contra las células tumorales. Los investigadores extraen los linfocitos, seleccionan los más activos, los cultivan en el laboratorio y los vuelven a introducir en el paciente. Actualmente están probando esta técnica con un cáncer llamado TIL (siglas de tumor-infiltrating lymphocytes).



Un grupo de linfocitos ‘rodean’ a una célula cancerosa. Juan Gaertner / Shutterstock

Una táctica similar es modificar genéticamente estos linfocitos para que detecten específicamente a las células cancerosas y las ataquen de manera fulminante. Este es el “superpoder” de las células CAR-T. Los científicos ya han creado cinco generaciones de CAR-T, cada vez más eficaces, que están dando resultados muy positivos contra leucemias y linfomas. Posiblemente pronto podrán ser utilizadas con éxito contra otros tipos de cáncer.

## Enfermedades autoinmunes: cuando nuestro sistema defensivo nos ataca

Otro grupo de enfermedades muy difíciles de curar son las autoinmunes, que ya hemos mencionado antes. En especial, aquellas cuyo origen aún es un misterio, como el lupus eritematoso sistémico o la esclerosis múltiple.

Estas dolencias aparecen cuando el sistema inmunitario genera células defensivas que, en vez protegernos de los virus, bacterias y otros patógenos externos, acaban identificando como peligrosas a nuestras propias células.

En los últimos años, los científicos están ideando terapias que intentan restaurar el orden o, por lo menos, atenuar los daños. El uso de anticuerpos –las proteínas que reconocen y neutralizan a los “intrusos”– o moléculas que regulan el funcionamiento del sistema inmunitario está dando algunos resultados, aún pocos pero prometedores. Conocer los intrínquilis del sistema inmunitario puede permitir que encontremos terapias para tratar y, quién sabe, eliminar definitivamente estas enfermedades. Aunque descubrir su talón de Aquiles requiere más investigación.

## Enfermedades del sistema nervioso central: el mayor reto

En mi opinión, las enfermedades más difíciles de curar son las que afectan al sistema nervioso central (el cerebro y la médula espinal). Van desde las enfermedades autoinmunes como la esclerosis múltiple a otras que pueden tener o no un componente autoinmune como la famosa esclerosis lateral amiotrófica (ELA), pasando por desajustes que pueden trastornar la personalidad y las enfermedades neurodegenerativas. Estas últimas son las peores: cuando descubrimos sus síntomas, el daño ya está hecho.

Las enfermedades neurodegenerativas tienen su origen en la pérdida de neuronas que cumplen determinadas funciones. Estas son las más importantes:

### Enfermedades mitocondriales

Aparecen cuando hay mitocondrias –las “centrales energéticas” de nuestras células– defectuosas. Entre ellas nos encontramos el MERRF o el síndrome MELAS. Producen ataxia, es decir, una descoordinación de los movimientos, entre otros problemas.

### Enfermedad de Huntington

El paciente pierde el control de los movimientos, se vuelve torpe y tiene problemas de equilibrio. Y cuando el mal avanza, ya no puede caminar, hablar o tragar. Tanto esta enfermedad como las mitocondriales son genéticas y sus efectos, irreversibles, ya que el problema está dentro del genoma de las células.

### Enfermedad de Parkinson


Se debe a la pérdida de neuronas en una zona muy concreta del sistema nervioso: la sustancia nigra, responsable de controlar nuestros movimientos. Aunque hay fármacos que ayudan a recuperar ese control y el movimiento puede regularse con estímulos eléctricos, estos remedios solo sirven para que la enfermedad siga su curso más o menos rápidamente.

### Demencia senil y alzhéimer

El sistema nervioso es un complicadísimo sistema de conexiones entre neuronas, las cuales forman circuitos que ignoramos cómo funcionan. Por eso, no hay medicina que valga contra la pérdida natural de neuronas a lo largo de la vida o por culpa de dolencias como el alzhéimer, que borra la memoria de quien la sufre.

Hoy, las dolencias neurodegenerativas no se pueden curar, pero conociendo las causas y evitando los peligros podemos conseguir que el deterioro de las neuronas se produzca muy tarde y avance lentamente.

Poco a poco estamos más cerca de entender cómo se desencadenan este tipo de enfermedades y –confiemos en la ciencia– tal vez encontrar el arma definitiva para derrotarlas.



**Pregunta de  
Paula, de 15  
años. IES Santa  
Teresa. (Jaén)**

## ¿Cómo sabemos que los humanos causan el cambio climático?

**Todos los datos apuntan a que la acción humana es la principal causa del cambio climático actual, aunque también haya ocurrido de forma natural durante la larga historia de nuestro planeta.**

Autoría



**María Jacoba Salinas Bonillo**  
Catedrática de Botánica, Universidad de Almería

Para entender el cambio climático actual hay tener en cuenta dos cosas. La primera es que la ciencia evalúa de forma objetiva los fenómenos que observamos. Analizando datos obtenemos conclusiones independientes, que no tienen por qué ser las que los investigadores hemos pensado que son las verdaderas, ni mucho menos las que queremos.

La segunda cosa es que hay que pensar en nuestro planeta como un todo. La Tierra puede verse como un sistema formado por sistemas más pequeños que interactúan entre sí (atmósfera, biosfera, criosfera, hidrosfera, litosfera, incluso el subsistema humano). Cuando los investigadores estudian los fenómenos que ocurren en nuestro planeta, no siempre les resulta fácil relacionar una causa (por ejemplo, las actividades humanas) con un efecto (por ejemplo, el cambio climático).

### Los primeros que dieron la voz de alarma

En 1980, el climatólogo Bert Bolin y su equipo iniciaron un proyecto de investigación. Tenían dos objetivos principales:

1. Ver hasta dónde se puede predecir el clima mundial.
2. Analizar si las actividades humanas influyen en él.

Todos los datos que analizaron llevaban a la misma conclusión: existe una relación causa-efecto entre las actividades humanas y el cambio climático actual de nuestro planeta. Esto se debe, sobre todo, a que algunas de nuestras actividades emiten a la atmósfera gases que modifican su composición. Desde entonces se han hecho muchos más estudios que respaldan esta hipótesis, y ninguno la ha rechazado.

# THE CONVERSATION

## No solo cambia el clima

Bolin fue el primer presidente (1988-1997) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (el famoso IPCC de la ONU), formado por un equipo de especialistas en distintas disciplinas. Su objetivo es dar una visión con base científica de los impactos y riesgos naturales, políticos y económicos del cambio climático. También aportan soluciones para resolver este grave problema mundial.

Bolin y su equipo señalaron además que el cambio climático es una parte de un fenómeno mayor: el cambio global. Así llamaron al conjunto de todas las alteraciones ambientales debidas a las actividades humanas.

Son, sobre todo, los cambios que afectan a la forma en que “funciona” la Tierra: cambios en la composición atmosférica, biogeoquímicos, climáticos, en el uso de la tierra y en la biodiversidad.

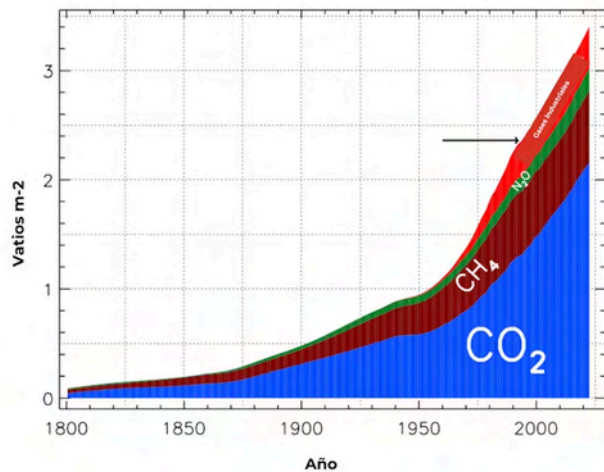
## Échale la culpa a los gases

Como hemos visto, la ciencia nos dice que los humanos causamos el cambio climático actual. Está claro que el aumento de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero está producido por nosotros. Las actividades que emiten más gases de este tipo son la quema de combustibles fósiles, la deforestación, la agricultura y el desperdicio de alimentos.

Los principales gases de efecto invernadero que se liberan son el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el ozono ( $\text{O}_3$ ) y el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Estos gases absorben el calor del sol y, al retenerse más calor en el planeta del que se expulsa, aumenta la temperatura global. Esto se llama forzamiento radiativo y actualmente es mayor al esperado de forma natural. Es decir, se queda más calor en la Tierra del que debería.

**Forzamiento radiativo debido a todos los gases de efecto invernadero desde el año 1800 hasta 2021. La flecha muestra el momento en que el forzamiento superó el 1% de la energía de la Tierra (1992). NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), EE. UU.**

Cambio climático forzado por gases de efecto invernadero



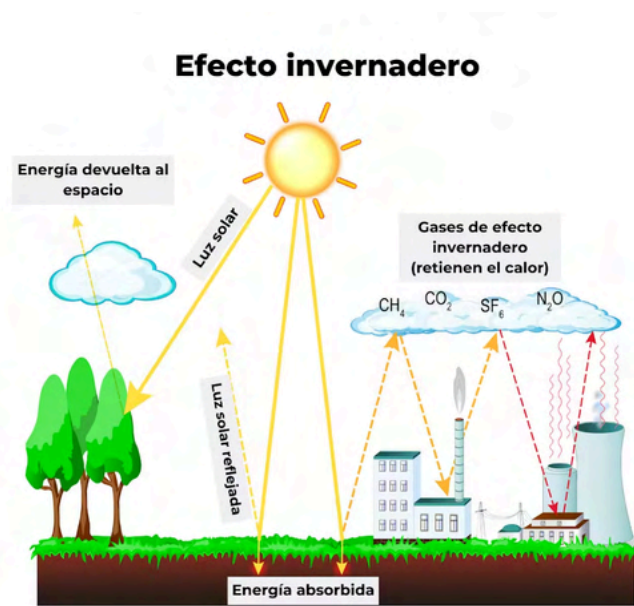
Por ejemplo, la concentración atmosférica de dióxido de carbono antes del año 1900 era de 230 partes por millón (ppm), y actualmente es de unas 418 ppm. Y no deja de crecer.

A la vez que aumentan estos gases en la atmósfera, la temperatura del planeta sube. Esto se está viendo en la atmósfera, la superficie terrestre y los océanos. Es decir, la Tierra se está calentando. Esta acumulación de energía produce cambios en los climas de todo el mundo. Lo más llamativo es el aumento de la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos, como olas de calor o de frío, sequías, inundaciones y tormentas descomunales.

# THE CONVERSATION

## ¡Malditas retroalimentaciones!

También se están detectando retroalimentaciones positivas que fomentan más cambio climático. Es decir, que un fenómeno favorece a otro. Se debe a la relación que hay entre los subsistemas de la Tierra. Por ejemplo, el derretimiento del hielo de océanos y glaciares reduce la radiación solar que refleja la superficie terrestre. Esto produce una mayor absorción de calor y más derretimiento.



Otro factor es el deshielo del permafrost, el suelo de las zonas más frías del planeta que está congelado desde hace miles de años. El permafrost está liberando metano y dióxido de carbono porque contiene mucha materia orgánica que se pudre al descongelarse.

## El negacionismo se combate con ciencia

Muchos de quienes niegan el cambio climático (los negacionistas) dicen que sus causas son naturales y acordes al estado actual del planeta.

Claro que existen desencadenantes naturales de cambios climáticos (calentamiento o enfriamiento) que ocurren en poco tiempo. De hecho, hay tres bien conocidos: las variaciones en los

en los movimientos de la Tierra (los ciclos orbitales o de Milankovic), los ciclos que completa el campo magnético del Sol aproximadamente cada 11 años (los ciclos solares) y la actividad volcánica.

Pero aunque es cierto que la Tierra ha cambiado mucho en su larga vida y que el clima se transforma, actualmente ningún estudio explica las tendencias que se observan desde mediados del siglo XX sin tener en cuenta el forzamiento radiativo que producen los gases emitidos por las actividades humanas.

## Tenemos que cambiar, nos va la vida en ello

Cuando los humanos empezamos a usar el petróleo no conocíamos qué consecuencias tendría para nuestro planeta. Y mucho menos que nos iba a perjudicar a nosotros. Ahora sí lo sabemos. Por ello, debemos actuar y cambiar nuestra forma de vida, precisamente para poder seguir viviendo en este planeta tal y como lo conocemos, que es como nos beneficia. La ciencia siempre será nuestra aliada en este reto.



# ¿Qué había antes del Big Bang?

Imaginar qué sucedió antes de la “gran explosión” de la que nació el universo es un fascinante laboratorio de ideas para los físicos.

Pregunta de Rodrigo, de 14 años. IES Alfaguara. Yunquera (Málaga)

Autoría



Emilio José García Gómez-Caro  
Responsable Unidad de Cultura Científica, Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC)

Por mi trabajo, suelo dar charlas sobre astrofísica, especialmente a escolares. Una de las preguntas que siempre surgen al final de la conferencia es precisamente esta, qué ocurrió antes del Big Bang (las otras son “¿dónde se expande el universo?” y “¿qué pasa si te caes a un agujero negro?”). Durante mucho tiempo, solía responder de la misma manera: “¿Qué sentido tiene preguntar por un período anterior al origen del tiempo? No existe un ‘antes’ del tiempo cero. ¡Eso sería como preguntar sobre tu existencia antes de que nacieras!”. Hasta que, en una ocasión, una niña comenzó a enumerar detalladamente todo lo que había sucedido entre su padre y su madre “antes” de que ella “existiera”. La detuve a tiempo.

La experiencia cotidiana nos muestra que cada acontecimiento es consecuencia de una causa previa. Nada

surge espontáneamente porque sí. ¿Por qué nuestro universo debería ser diferente? Cuestionarse qué existía antes del Big Bang es una pregunta inevitable y muy lícita, hasta el punto de que la ciencia no ha dejado de explorar posibles respuestas. Pero no es una tarea fácil. Ni siquiera comprendemos plenamente el supuesto origen del universo.

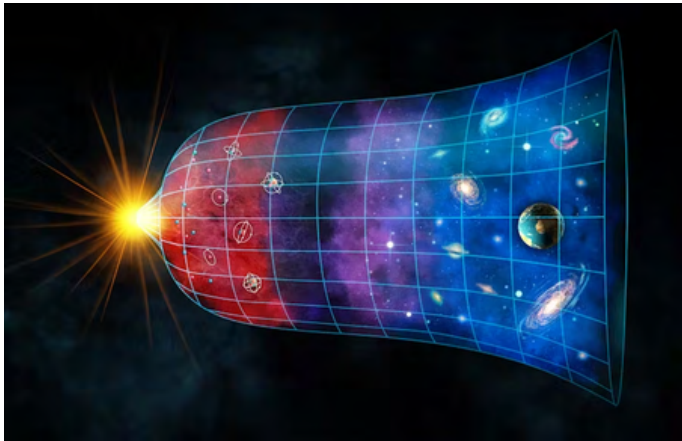
De hecho, antes de abordar esta pregunta, deberíamos empezar definiendo qué entendemos por Big Bang.

## La teoría del Big Bang habla de todo menos del Big Bang

El término *Big Bang* (Gran Explosión en inglés) fue enunciado por primera vez, y con cierta ironía, por el brillante físico Fred Hoyle para expresar su desacuerdo con “esas teorías que sugerían que toda la materia fue creada en una gran explosión en un instante determinado del pasado remoto”.

# THE CONVERSATION

Sin pretenderlo, Hoyle acuñó un concepto que, desde el punto de vista del marketing científico, hoy todo el mundo conoce. Sin embargo, este término genera una imagen errónea: la de nuestro universo naciendo como resultado de una gran explosión. En realidad, este modelo cosmológico – sólidamente asentado en la teoría de la relatividad general y en unas extraordinarias pruebas observacionales– nos muestra que el universo que podemos observar no siempre ha sido igual, sino que ha evolucionado a lo largo del tiempo.



Esquema de la historia del universo, desde el Big Bang (destello de la izquierda) hasta las galaxias, estrellas y planetas de la actualidad. [Andrea Danti /Shutterstock](#)

Si proyectáramos la película del cosmos hacia atrás y viajáramos hacia el pasado, ocurriría algo alucinante: la distancia entre dos puntos cualquiera del espacio se haría cada vez más y más pequeña, hasta alcanzar un estado en que el universo sería extraordinariamente denso y caliente.

Si continuáramos retrocediendo en el tiempo, ¿podría llegar un momento en el que todo el cosmos estuviera concentrado en un solo punto? No podemos saberlo. Justo antes de llegar a ese instante, las leyes de la relatividad general pierden validez, se vuelven locas. Es lo que denominamos una singularidad.

Tradicionalmente, a este instante se le denomina Big Bang. Pero lejos de ser una gran explosión, representa un límite en nuestra comprensión actual de las leyes del universo. Para entender lo que sucedió en esos instantes iniciales, necesitaríamos una teoría física más completa que la actual. Es como si el proyector de la película se rompiera justo antes de llegar al inicio. No sólo desconocemos qué ocurrió antes del Big Bang, sino que incluso nos resulta difícil comprender lo que sucedió un ínfimo instante de tiempo inmediatamente después.

## Rebotes, burbujas, colisiones y multiversos

Lo curioso es que, precisamente en estos escenarios límite, donde nuestras teorías se “rompen”, es donde surge un verdadero laboratorio de ideas para explorar nuevas teorías físicas. En la última década, se han propuesto numerosos intentos de crear un marco teórico que explique de manera natural lo que sucedió antes de lo que llamamos el Big Bang.

Por ejemplo, físicos de renombre como [Roger Penrose](#) o [Abhay Ashtekar](#) han desarrollado teorías en las que nuestro Big Bang podría haber sido el resultado de un “rebote” de un universo anterior que colapsó y dio origen al nuestro.

En otros modelos, el Big Bang se produce por la colisión de unas entidades fundamentales llamadas branas. Y para algunos, nuestro universo es como una burbuja en expansión contenida dentro de otro universo que ha estado expandiéndose eternamente. La física cuántica actual incluso permite la existencia previa de un “falso” vacío cuyas fluctuaciones de energía pueden amplificarse generando un paisaje de multiversos en los que nacen y mueren muchos universos. El nuestro, simplemente, sería uno más.

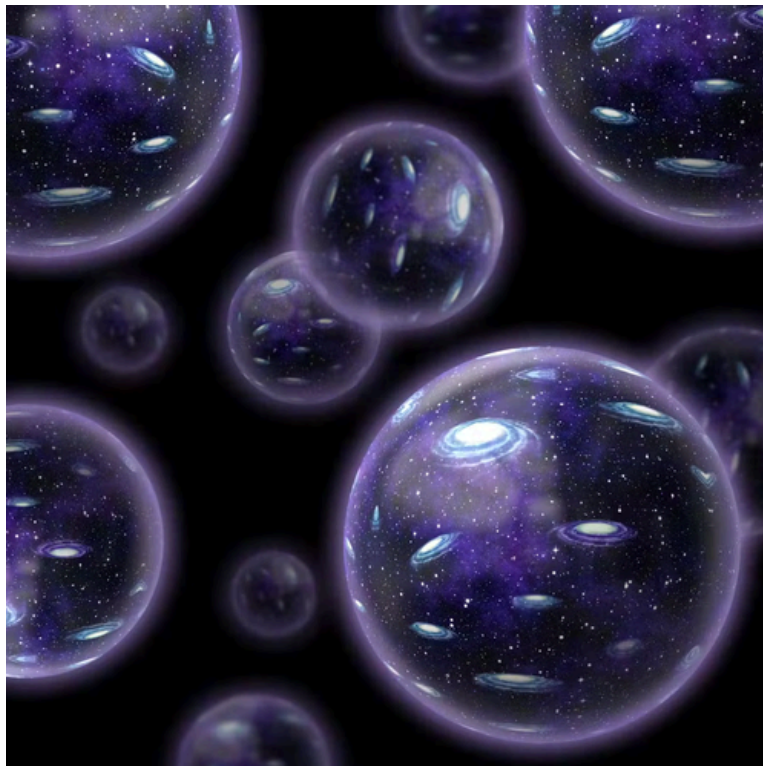
# THE CONVERSATION

Algo más lacónico fue el célebre Stephen Hawking, que en una de sus últimas entrevistas defendía que “por difícil que sea de imaginar, quizás simplemente no hubo tiempo antes del Big Bang”.

Todas estas teorías, aunque muy especulativas, no son meros pasatiempos de físicos teóricos aburridos. En ellas podría estar la clave, el chispazo de creatividad, que conduzca al desarrollo de una teoría más completa que englobe a nuestros modelos actuales.

Sin embargo, la mayoría de estas alternativas encierran un “pequeño” problema: sugieren que cualquier rastro de un universo anterior se borra por completo después del Big Bang, lo que nos deja sin esperanzas de encontrar evidencia alguna sobre lo que pudo haber existido antes.

Así que, si me vuelven a preguntar sobre qué hubo antes del Big Bang, quizás debería responder que no lo sabemos y que quizás nunca lo sepamos. Tal vez, entonces, una estudiante levante la mano y me explique con detalle qué ocurrió antes de que existiera nuestro universo.



Algunas teorías proponen que múltiples universos –entre ellos, el nuestro– surgen constantemente de una especie de ‘falso vacío’ cuántico. Juergen Faelchle / Shutterstock

THE CONVERSATION

# Suscríbete a nuestros boletines para recibir artículos así cada día




Recibe análisis de expertos sobre temas que te interesan.

Todas las mañanas de lunes a viernes y los sábados una selección de los editores.

[Clica aquí para suscribirte gratis.](#)





**Pregunta de  
Mateo, de 15 años.  
IES Zaidín Vergeles  
(Granada)**

# ¿Cómo se quema el Sol si no hay oxígeno en el espacio exterior?

**Esta pregunta se la hicieron muchos científicos antes, pero no fue hasta ya entrado el siglo XX cuando dieron con la respuesta correcta: la fusión nuclear.**

Autoría



**Alberto Tomás Pérez Izquierdo**  
Catedrático de Electromagnetismo, Universidad de Sevilla

Esta misma pregunta se la hicieron grandes científicos en el pasado. Se podría formular de otra manera: ¿de dónde saca el Sol su energía?

Pues bien, el físico y matemático británico William Thomson, que llegó a ser lord –Lord Kelvin–, escribió en torno a 1862 una serie de artículos sobre este tema. Thomson se dio cuenta de que la energía de nuestra estrella no podía provenir de la combustión, reacción química en la que una sustancia (el combustible) se une con el oxígeno para formar un nuevo compuesto, desprendiéndose luz y calor en el proceso.

Por ejemplo, si el Sol estuviera hecho de carbón, se habría consumido en solo 5.000 años, un “suspiro” en términos astronómicos.

## No salen las cuentas

La cuenta es relativamente simple: la Tierra recibe del Sol más de mil vatios por metro cuadrado. La energía total que el astro rey proporciona es esa cantidad multiplicada por el área de una esfera con un radio equivalente a la órbita terrestre, unos 150 millones de kilómetros.

Imaginemos ahora que el Sol está hecho de carbón ardiendo. Este combustible proporciona unos 26 millones de julios – la unidad internacional de energía– por kilogramo. Por tanto, la estrella quemaría unos  $14 \times 10^{18}$  (es decir, 14 seguido de 18 ceros) kilogramos por segundo. Dado que la masa del sol es de unos  $2 \times 10^{30}$  kg, el carbón se agotaría en esos breves 5 000 años.

# THE CONVERSATION

Es más, podemos descartar cualquier reacción química como el origen de la luz y calor que nos llega a la Tierra, ya que las energías que proporcionan esas reacciones son, como mucho, del orden de 100 de millones de julios por kilogramo de reactivo. No salen las cuentas.

## Lord Kelvin calculó (mal) la edad del Sol y puso en jaque a Darwin

En definitiva, la respuesta más directa a la pregunta es que el Sol no necesita oxígeno para generar su energía porque esta no proviene de la combustión ni de ninguna otra reacción química. Thomson y otros científicos de su época consideraron otras posibilidades. Por ejemplo, que la energía proviniera de la caída continua de meteoritos sobre la superficie de nuestra estrella. Pero el número de meteoritos necesarios para generar todo el calor que desprende resultaba incompatible con las observaciones.

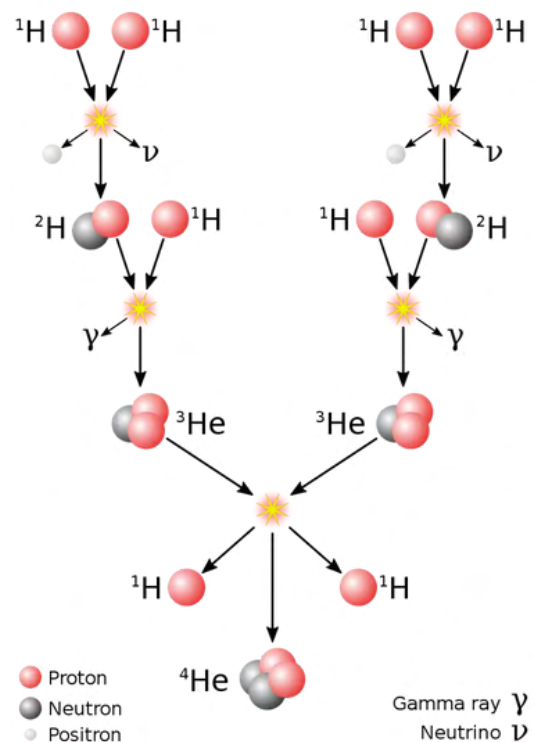
Descartado ese mecanismo, Thomson se inclinó por una hipótesis que ya había planteado su colega alemán Hermann von Helmholtz: que el Sol se estaría contrayendo debido a su propia gravedad, y la fricción generaría el calor necesario.

Basándose en esta idea, Thomson calculó que el astro rey tendría energía para brillar unos 20 millones de años. Estos números estaban en contradicción con la edad que los geólogos estimaban para la Tierra, que era mucho mayor. Y también invalidaban la teoría de Charles Darwin, a la que Kelvin se oponía, ya que 20 millones no parecían años suficientes para la evolución de las especies. La discrepancia no se resolvió hasta mucho después.

## Enigma resuelto: la energía que radia el Sol es de origen nuclear

Entonces, ¿de dónde obtiene el Sol la energía que expulsa al exterior? Cuando el físico francés Henri Becquerel descubrió en 1903 la radiactividad (la emisión de partículas subatómicas por un núcleo atómico), surgió una nueva posibilidad: la energía nuclear. Pero se tardaron varias décadas en desentrañar las leyes de la física nuclear.

Hoy sabemos que la energía del Sol se produce mediante fusión nuclear. En concreto, cuando cuatro núcleos de átomos de hidrógeno (protones) se unen para producir un núcleo de otro elemento: helio. En el proceso también surgen dos partículas subatómicas, llamadas positrones y neutrinos, así como 26,73 MeV de energía (un MeV es un megaelectronvoltio, la unidad utilizada en energía nuclear).



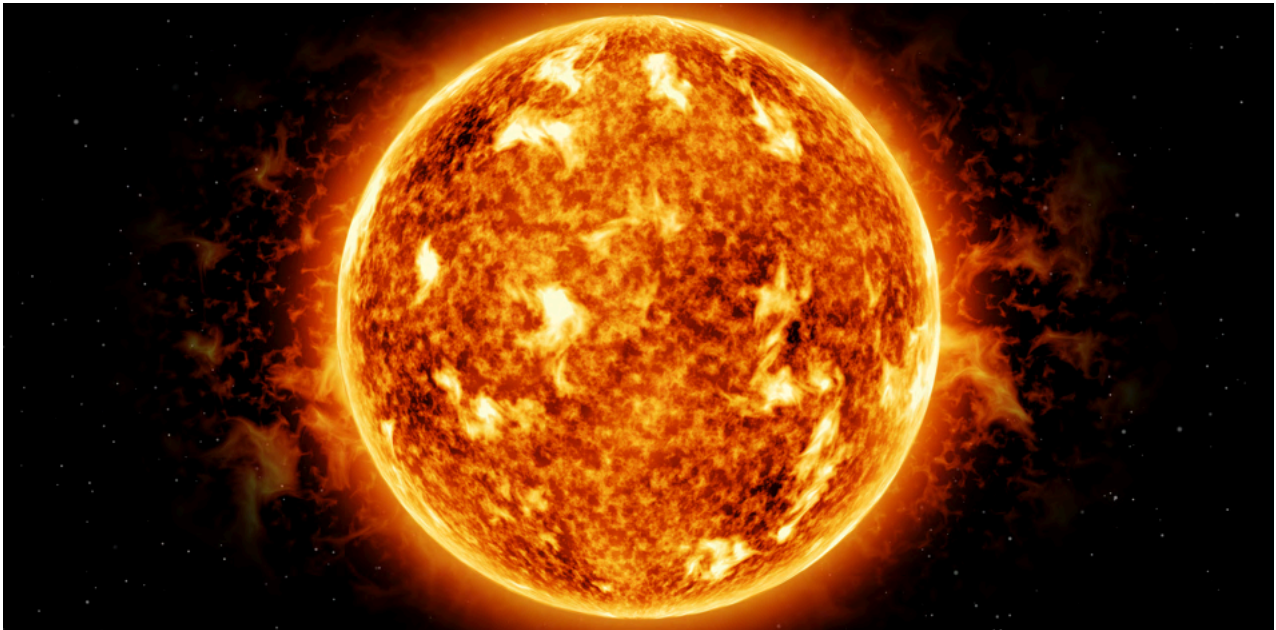
Ciclo protón-protón, el mecanismo que permite la fusión nuclear en las estrellas del tamaño del Sol o más pequeñas. [Sarang / Wikimedia Commons](#). CC BY

# THE CONVERSATION

Sin embargo, esta reacción no se produce en un solo paso, ya que es extremadamente improbable que cuatro protones choquen de forma simultánea. Los físicos Hans Bethe y Carl von Weizsäcker estudiaron independientemente el problema en torno a 1938 y encontraron que se hacía por etapas, gracias a dos mecanismos: el ciclo protón-protón y el ciclo del carbono-nitrógeno-oxígeno. El primero es el que permite brillar al Sol, mientras que el segundo predomina en estrellas más masivas que él.

La energía puesta en juego en una reacción nuclear, como la fusión del hidrógeno para producir helio, es un millón de veces la de una reacción química, lo suficiente para que el Sol ilumine el firmamento una cantidad inimaginable de tiempo.

Hoy en día se calcula que la estrella que nos da luz y calor tiene unos 4.600 millones de años, y lucirá todavía por unos miles de millones de años más.





# ¿Cómo construyeron los egipcios las pirámides sin apenas tecnología?

Herramientas simples, técnicas ingeniosas, miles de obreros y una tecnología aún por investigar hicieron posible una de las grandes maravillas del mundo.

**Pregunta de Jaime, de 16 años. IES El Fuerte. Caniles (Granada).**

Autoría



**Clelia Martínez Maza**  
Catedrática de Historia Antigua, Universidad de Málaga

Es verdad que, cuando levantaron las pirámides, los egipcios no disponían de una tecnología ni por asomo parecida a la actual. No había grúas, ni elevadores, ni máquinas para cortar la piedra y desplazarla hasta el lugar de construcción. No existían ni siquiera herramientas de hierro (ten en cuenta que estaban aún en la edad del Bronce). A simple vista, no parece que tuvieran capacidad técnica para levantar esas gigantescas tumbas faraónicas. Sin embargo, sus métodos de construcción fueron tan precisos que nada tienen que envidiar a los que se han empleado hasta el siglo XX.

Ingenieros y arqueólogos han investigado qué medios pudieron utilizarse en la

construcción de las grandes pirámides. Las más conocidas son las tres situadas en Guiza, construidas por los faraones Keops, Kefren y Micerinos.

La de Keops es la más grande y alta – tiene 146 metros de altura– y fue edificada hacia el año 2550 antes de la era común (a.e.c.). Se calcula que se utilizaron 2,3 millones de bloques de piedra de entre 2,5 y 15 toneladas cada uno. Una mole de semejante tamaño pudo levantarse gracias a mucha mano de obra, tiempo y unos recursos que demuestran el gran conocimiento técnico de los egipcios.



# THE CONVERSATION

## Y paso a paso, se alcanzó la perfección

Erigir estas grandes tumbas reales requería unas técnicas que se fueron probando y depurando poco a poco.



Mastaba del faraón Shepseskaf. [Jon Bodsworth / Wikimedia Commons, CC BY](#)

Empecemos con el primer logro. A partir de la mastaba –un tipo de tumba con forma trapezoidal–, el faraón Zoser se hizo levantar en Saqqarah una pirámide escalonada mediante la superposición de pisos cada vez más pequeños en el año 2630 a.e.c.



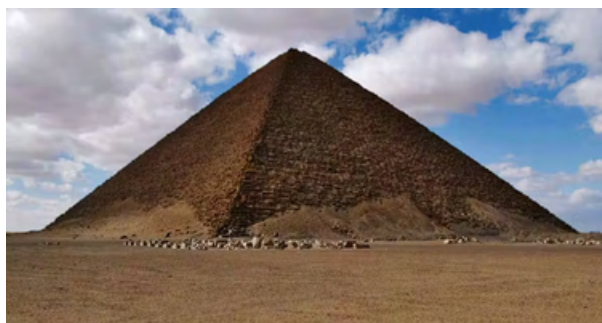
Pirámide escalonada. Tumba del faraón Zoser. [Wikimedia Commons, CC BY](#)

El siguiente paso tuvo lugar bajo el reinado de Seneferu (2575 a.e.c.). Por primera vez, los egipcios intentaron construir pirámides de caras lisas. Sin embargo, no dominaban aún la técnica, y una de ellas acaba teniendo forma romboidal debido a un error de diseño: es la llamada Pirámide Acodada.



La Pirámide Acodada, de caras romboidales. [Wikimedia Commons, CC BY](#)

La segunda que también mandó levantar Seneferu, conocida como Pirámide Roja, sí demuestra ya un perfecto dominio de la técnica. Podemos considerarla la primera pirámide que merece tal nombre.



El dominio técnico permitió levantar la Pirámide Roja. [Wikimedia Commons, CC BY](#)

# THE CONVERSATION

## Obreros libres y bien alimentados

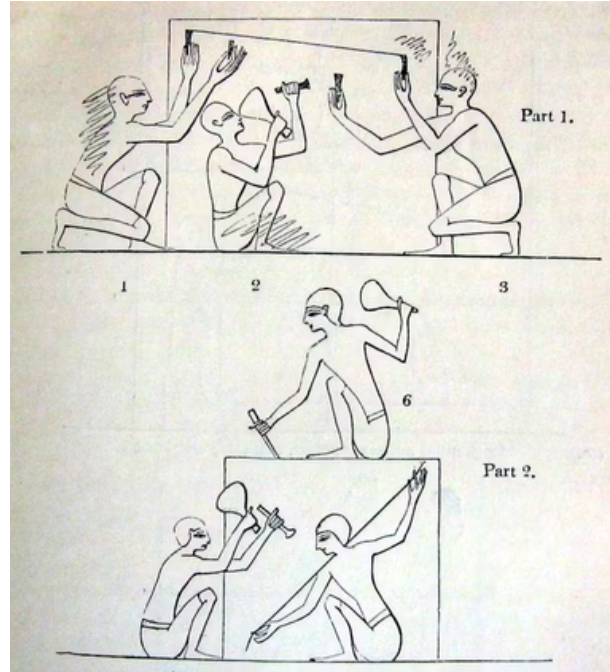
Para edificar estos soberbios monumentos hacía falta una gran cantidad de mano de obra: se ha calculado que en las pirámides de Guiza, por ejemplo, trabajaron nada menos que unos 10 000 obreros.

Durante los 30 años que duró la construcción de este complejo, los trabajadores se alojaron en poblados de carácter temporal cerca de las pirámides. Los huesos de animales que han encontrado los arqueólogos revelan que disfrutaban de una dieta rica en carne y, en general, de una buena alimentación. Siempre se ha supuesto que las pirámides fueron construidas por esclavos, pero no es verdad. En realidad, eran habitantes egipcios libres, obreros organizados en cuadrillas que tenían tareas especializadas: tallar, transportar o colocar los bloques de piedra.



Herramientas encontradas en Guiza. Museo Egipcio de Leipzig / Wikimedia Commons, [CC BY](#)

Funcionarios y arquitectos organizaban y coordinaban este trabajo, que demuestra la capacidad del faraón para concentrar riqueza y desviarla a la construcción de su grandiosa tumba.



Trabajadores tallando bloques. Dibujo copiado de la tumba de Rekhmire. [Wikimedia Commons](#), [CC BY](#)

## Unas técnicas de construcción aún por descubrir

Uno de los mayores desafíos era mantener estable la estructura de la pirámide, y para ello se logró nivelar el terreno con un margen de error de menos de un centímetro. Una precisión similar solo es comparable a los métodos de construcción actuales, en los que se emplea láser. Para nivelar los cimientos, supuestamente emplearon zanjas llenas de agua y técnicas para apisonar y alinear los bloques de piedra.

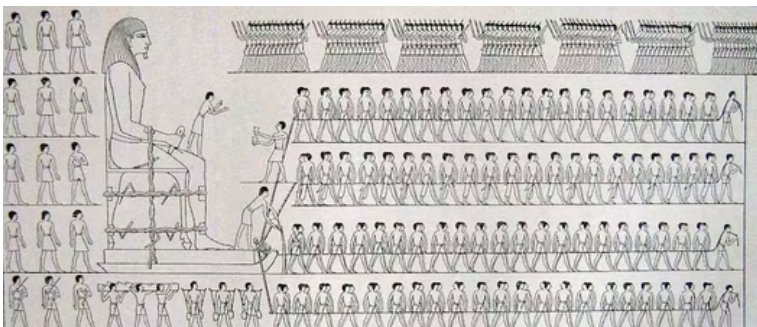
El material más empleado fue piedra caliza, extraída de canteras cercanas y cortada en bloques con herramientas de cobre, bronce o granito. Para el revestimiento, utilizaron piedra caliza de mayor calidad, obtenida cerca de la actual ciudad de El Cairo. Y en algunos elementos usaron granito procedente de Asuán, situado a más de 800 kilómetros al sur.

# THE CONVERSATION

El transporte y la colocación de los bloques de piedra han dado lugar a un sinnúmero de teorías. Lo más seguro es que estos materiales fueran llevados desde las canteras hasta la zona de construcción mediante un sistema de canales de agua conectado al Nilo.

Ya en tierra, los bloques eran desplazados mediante cilindros y rampas y se deslizaban hasta el lugar previsto con poleas y cuerdas. También sabemos que emplearon una especie de trineos arrastrados por cuadrillas de trabajadores.

Para facilitar el deslizamiento, los obreros vertían agua en la arena, lo que reducía la fricción. Los expertos han probado que gracias a este truco solo harían falta la mitad de trabajadores.



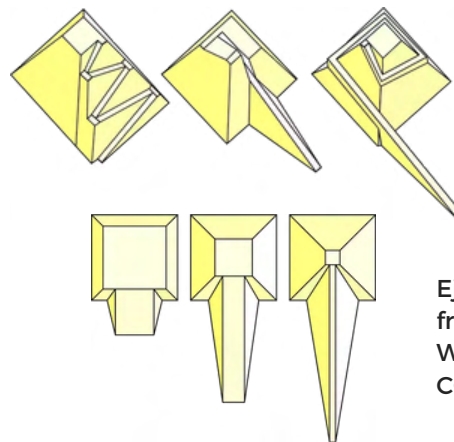
El empleo de deslizadores permitía trasladar grandes piezas. Se puede observar a un obrero que vierte agua para facilitar el desplazamiento. [CC BY](#)

La colocación de los bloques se realizó mediante rampas que se iban construyendo conforme subía la pirámide; los obreros podían así acceder a la parte más alta. Los investigadores han propuesto distintos tipos de rampas – rectas, en espiral, en zigzag, internas...–, aunque las internas ya han sido descartadas.

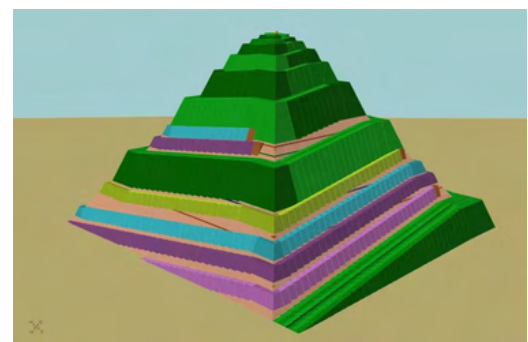
Pero las rampas no parecen ser suficientes por sí solas. La respuesta estaría en el uso de varios métodos a la vez: los obreros egipcios también habrían empleado palancas y contrapesos para mover los bloques de piedra.

En la actualidad, los expertos siguen analizando el interior de la gran pirámide de Guiza para buscar alguna pista sobre la tecnología empleada en su construcción. Este es el objetivo del proyecto [ScanPyramids](#).

Y aunque se han llegado a realizar curiosos experimentos como construir pirámides a pequeña escala, aún sigue sin desvelarse por completo el misterio de cómo consiguieron levantar aquellas asombrosas moles de piedra.



Ejemplo de rampas frontales y zigzag [Wikimedia Commons](#), [CC BY](#)



Rampas en espiral. [Wikimedia Commons](#), [CC BY](#)

Pregunta de José A.,  
de 14 años. IES  
Alfaguara. Yunquera  
(Málaga)

## ¿Cuál es la temperatura más baja que puede existir?

Teóricamente, el límite del frío está a 273,15 grados Celsius bajo cero. Aunque es imposible de alcanzar, algunos científicos se han quedado muy muy cerca.

Autoría



Alberto Tomás Pérez Izquierdo

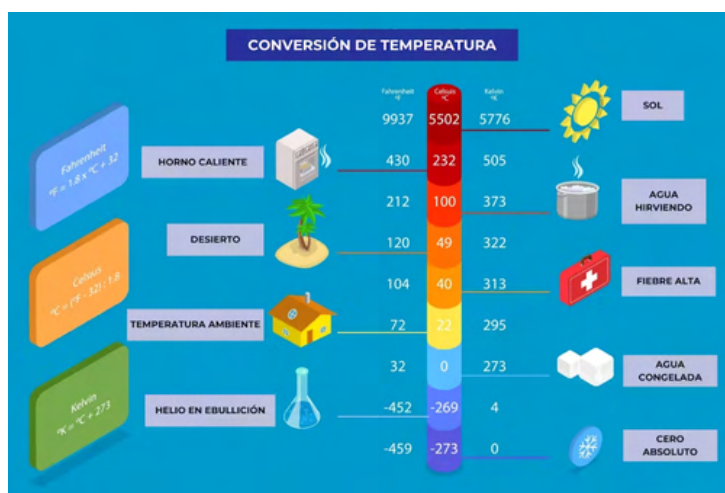
Catedrático de Electromagnetismo, Universidad de Sevilla

Como su nombre sugiere, el límite del frío se sitúa en lo que llamamos cero absoluto. Este valor es exactamente 273,15 grados Celsius bajo cero y se toma como el origen de la escala absoluta de temperaturas: la escala Kelvin. Así, el cero absoluto corresponde a cero Kelvin, y los cero grados Celsius a 273,15 Kelvin.

Pero veamos cómo se pudo llegar a esta cifra tan exacta (adelantamos que no fue tarea fácil).

### Amontons intuye que hay una temperatura mínima

A principios del siglo XVIII, el físico francés Guillaume Amontons realizó una serie de experimentos con gases, confirmando la ley de Boyle-Mariotte. Esta ley dice que el producto de la presión por el volumen que ocupa un gas es constante a una temperatura dada. Esto es, si aumentamos



Comparación de las tres escalas de temperaturas que existen. Cero Kelvin equivale a -273,15 grados Celsius y a -459 grados Fahrenheit. TarikVision / Shutterstock

la presión, disminuye el volumen en la misma proporción. Por ejemplo, si duplicamos la primera, el segundo se reducirá a la mitad.

# THE CONVERSATION

Usando un termómetro de mercurio, Amontons demostró que la presión del aire disminuía a la vez que la temperatura. A partir de ahí especuló que si se reducía la temperatura lo suficiente, llegaría un momento en que dicha presión sería nula. El científico galo concluyó que sería imposible bajar de esa frontera, que estimó en  $248\text{ }^{\circ}\text{C}$  bajo cero (o  $-248\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Varios científicos repitieron los experimentos de Amontons u otros parecidos, dando diferentes estimaciones del cero absoluto. Por ejemplo, Jean-Henri Lambert lo situó, a mediados del siglo XVIII, en  $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En 1802, Louis Joseph Gay-Lussac encontró el valor de  $-266,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  (aunque, al contrario que Amontons o Lambert, pensaba que el cero absoluto no existía realmente, ya que la ley de los gases descubierta por él no sería válida a bajas temperaturas).

Aquellos cálculos eran tan diferentes porque se hicieron extrapolando datos de temperaturas cercanas a la temperatura ambiente. El margen de error era muy grande. Finalmente, fue William Thomson (Lord Kelvin), quien consiguió echar bien los cálculos, en 1848, y establecer la escala de temperaturas que lleva su nombre, fijando el cero absoluto en  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Era un valor prácticamente idéntico al actual.

## La carrera del frío

Durante todo el siglo XIX se produjo una auténtica carrera del frío. Los científicos se afanaron en conseguir en sus laboratorios temperaturas cada vez más bajas. Michael Faraday (1791-1867) alcanzó los  $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$  licuando amoníaco. También consiguió volver líquidos otros gases como el cloro o el benceno.

Louis Cailletet lo consiguió en 1877 con el oxígeno, a  $-140\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Y seis años más tarde, el científico polaco Karol Olszewski batió el récord licuando aire a  $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Al final del siglo XIX se estableció cierta rivalidad entre el escocés James Dewar, Olszewski y el neerlandés Heike Kamerlingh Onnes. Dewar pisó fuerte y se anotó la licuación del hidrógeno a  $-252,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pero fue Kamerlingh Onnes quien se llevó el gato al agua volviendo líquido el más difícil de todos los gases: el helio. Lo hizo en 1908 a la increíble temperatura de  $-269,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Tras el éxito de Dewar, Kamerlingh Onnes había comprendido que la licuefacción del helio requería grandes instalaciones e invirtió varios años en crear su laboratorio de bajas temperaturas. No solo disponía de taller mecánico, taller de sopladores de vidrio y laboratorio de química, sino que también creó escuelas para la formación de los profesionales necesarios. El laboratorio de Kamerlingh Onnes mantuvo la exclusiva mundial de licuefacción del helio durante 15 años.

## ¿Por qué es imposible alcanzar el cero absoluto?

Pero ¿hasta dónde puede llegar esta carrera? La teoría cinética de los gases establece que los procesos térmicos son consecuencia del movimiento microscópico de átomos y moléculas. Según esta teoría, los átomos y moléculas que componen un gas se mueven aleatoriamente y sin cesar en todas direcciones. Mientras que la temperatura es la medida de la agitación promedio de esas moléculas, la presión indica la fuerza que ejercen al rebotar sobre las paredes que las contienen.

Desde el punto de vista de la física clásica, el cero absoluto corresponde al punto en que las moléculas gaseosas no se mueven y, por tanto, no ejercen presión sobre las paredes. Pero la física cuántica –la que gobierna el diminuto mundo de los átomos y las partículas– cambió ese panorama.

# THE CONVERSATION

Entre las peculiaridades de la física cuántica está el llamado principio de indeterminación de Heisenberg. Esta ley prohíbe que una partícula esté en reposo, ya que entonces se conocerían con absoluta precisión su posición y su velocidad, algo que el principio excluye expresamente. Las sustancias puras en el cero absoluto tienen una energía muy pequeña, sí, pero distinta de cero.

Los trabajos teóricos de Walther Nernst y Max Planck a principios del siglo XX condujeron a otra ley importante: el tercer principio de la termodinámica. Íntimamente ligado con la teoría cuántica, tiene como consecuencia directa que el cero absoluto es inalcanzable.

Pero aunque no sea posible obtenerlo estrictamente, sí es posible acercarse a él mucho. Las técnicas actuales, que usan potentes rayos láser para frenar las moléculas –consiguiendo así que se enfríen–, permiten obtener temperaturas del orden de solo millonésimas de grado por encima del cero absoluto.

## La física de bajas temperaturas es fuente continua de nuevos descubrimientos

De ese modo, usando el enfriamiento por láser, Eric Cornell y Carl Wieman consiguieron crear en 1995 el primer condensado de Bose-Einstein, lo que les valió el Premio Nobel de Física de 2001. Un condensado de Bose-Einstein es un estado de la materia en el que todas las partículas se encuentran en el mismo nivel cuántico: el de la energía más baja posible, que también se llama estado fundamental.

El condensado de Cornell y Wieman estaba formado por átomos de rubidio enfriados a 0,17 microKelvin, es decir, apenas 0,17 millonésimas de grado por encima del cero absoluto. **Sin duda, se trata de la frontera extrema del frío.**

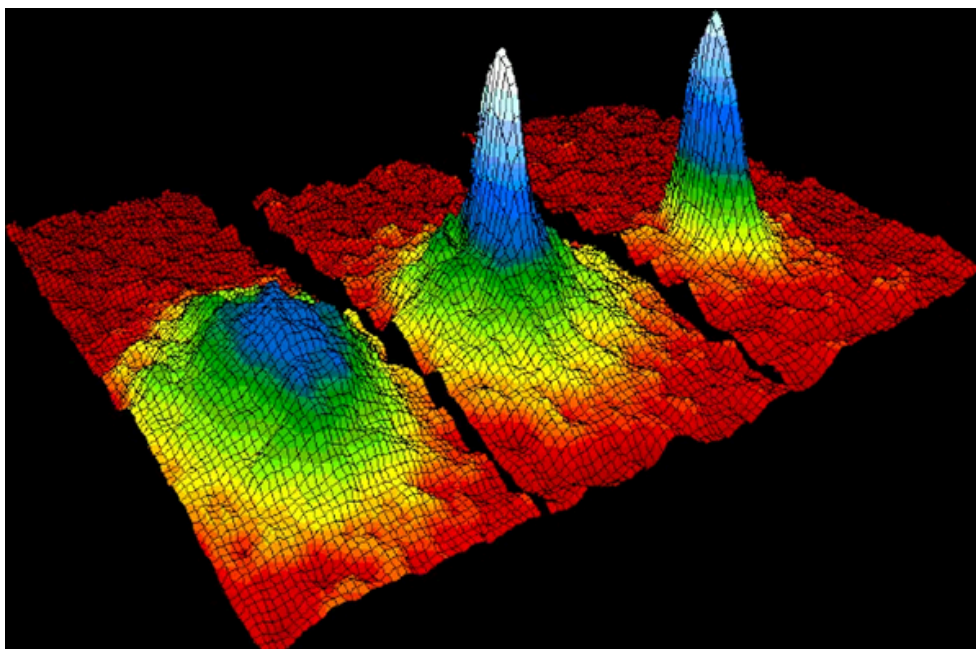


Diagrama de la formación de un condensado Bose-Einstein, que surge cuando un grupo de átomos alcanza una temperatura muy cercana al cero absoluto. [NIST/JILA/CU-Boulder / Wikimedia Commons](#)



# ¿Cómo combate el cuerpo los gérmenes?

Una vez que traspasan nuestras barreras físicas y químicas (la piel, las mucosas...), los microbios patógenos tienen que enfrentarse al sistema inmunitario, un ejército formado por células defensivas y diversas armas de destrucción.

Pregunta de  
Samuel, de 13 años.  
IES Manuel Romero.  
Villanueva de la  
Concepción  
(Málaga)

Autoría



Alejandra Pera Rojas  
Profesora Titular de Inmunología, Universidad de  
Córdoba

El cuerpo humano es una fortaleza bien equipada, diseñada para enfrentarse y derrotar a los invasores microscópicos conocidos como gérmenes. Estos microorganismos, incluidos virus, bacterias y hongos, están en todas partes, desde el mango del autobús hasta la pantalla de tu móvil. Aunque algunos son benignos e incluso útiles (los que forman la microbiota, el ecosistema microscópico que habita nuestro interior), otros pueden causar enfermedades (a esos los llamamos patógenos).

Para mantener una vida saludable, es esencial entender cómo combate a estos patógenos nuestro cuerpo. Lo intentaré explicar brevemente.

## Primera línea defensiva

Al igual que en un castillo, tu primera línea de defensa son las barreras físicas y químicas que impiden el paso a los atacantes. El parapeto más importante es tu piel: no solo actúa como un muro infranqueable para la mayoría de los gérmenes, sino que también es capaz de producir aceites y sudor con sustancias químicas hostiles para los microbios, impidiendo su crecimiento. Utilizar jabones de pH neutro será importante para mantener esa función defensiva.

# THE CONVERSATION

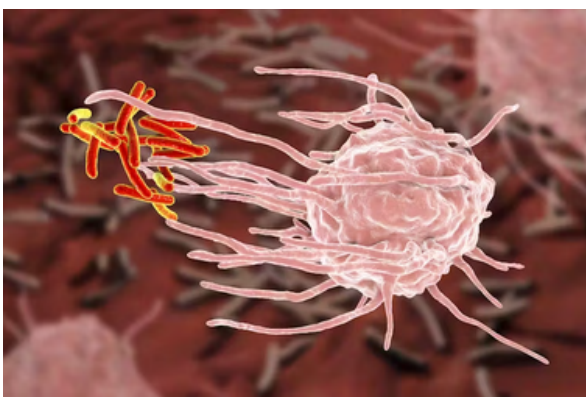
Otras barreras físicas de nuestro cuerpo son las mucosas que recubren la boca, la nariz y los ojos. Producen moco y lágrimas que sirven para capturar y “lavar” a los gérmenes, actuando así de barreras químicas. También tu ácido estomacal actúa como un potente escudo químico contra la mayoría de los gérmenes que entran en tu cuerpo con la comida o bebida.

Cuando los gérmenes logran traspasar esas barreras externas comienza la verdadera acción dentro del organismo. El sistema inmunitario, el encargado de defender el interior, es el mejor ejército profesional del mundo, compuesto por millones de soldados celulares especializados y numerosas armas de destrucción. La acción conjunta de estas células y el armamento molecular se llama respuesta inmunitaria.

## Segunda línea defensiva: respuesta innata

Las células de la inmunidad innata son las primeras en atacar. Actúan rápidamente, pero sin hacer distinciones. Algunas de estas células parecen habitantes de Mordor, como los macrófagos, que devoran a los invasores; o los neutrófilos, que lanzan redes de pegajoso ADN mortales para los microbios. Y también hay asesinos especializados en matar células infectadas o tumorales: las células Natural Killer.

Todos estos soldados innatos están siempre listos para atacar y patrullan sin descanso por tu cuerpo.



Entre las armas destructivas de la respuesta innata encontramos el sistema de complemento, un conjunto de proteínas que ayuda a matar bacterias, virus y células infectadas, perforando sus membranas o atrayendo a las células inmunitarias.

Además, para que estas células inmunitarias se comuniquen entre sí y con otras células, existen unas proteínas llamadas citoquinas que regulan las acciones del ejército. Su exceso produce inflamación, y si esta se descontrola, puede ser perjudicial.

## Tercera línea defensiva: respuesta adaptativa

La respuesta innata sirve para contener las infecciones. Sin embargo, para resolverlas de manera definitiva, tu cuerpo normalmente necesitará que se active la parte más específica de la inmunidad.

Tras detectar a un intruso, los soldados rasos innatos avisan rápidamente a la caballería y los oficiales al mando. Estas fuerzas de élite altamente especializadas llevan a cabo la respuesta adaptativa y son específicas para cada tipo de patógeno. Necesitan más tiempo para responder (entre 7 y 10 días), pero resultan extremadamente efectivas.

Tu cuerpo va a tener dos tipos de respuestas adaptativas. La respuesta celular la llevan a cabo los linfocitos T colaboradores –los altos mandos del ejército que dictan órdenes al resto de soldados– y las células T citotóxicas –algo así como la caballería encargada de matar a las células infectadas–.

De la respuesta humoral se encargan los linfocitos B. Estos “arqueros” producen anticuerpos que se adhieren específicamente a gérmenes y toxinas, marcándolos para su destrucción o bloqueando su capacidad de infectar y dañar a tus células.



## La memoria inmunitaria y la función de las vacunas

Tras librar una batalla contra un invasor patógeno, las células inmunitarias adaptativas lo recordarán para futuros ataques. Esto significa que si el mismo tipo de germen intenta infectarte nuevamente, tu ejército responderá más rápida y eficientemente para eliminarlo.


En este superpoder de tus linfocitos T y B se basan las vacunas, que sirven para que el ejército aprenda a defenderte mejor en futuros enfrentamientos con el mismo enemigo.

En resumen, tu cuerpo está extraordinariamente equipado para luchar contra los gérmenes, utilizando una serie de estrategias que trabajan en conjunto para protegerte de enfermedades. Desde las barreras físicas como tu piel hasta las respuestas inmunitarias altamente sofisticadas, cada componente tiene un papel crucial en esa batalla continua.

Conocer estos mecanismos, además de interesante, es esencial para que pongamos en práctica hábitos saludables como lavarnos las manos y vacunarnos. Así apoyaremos la incansable labor de nuestro sistema inmunitario.



Las vacunas activan la memoria inmunitaria de nuestro cuerpo frente a los patógenos.



Pregunta de Carlos,  
de 15 años. IES El  
Tablero. (Córdoba)

# ¿Cómo son los telescopios más potentes del mundo y qué podemos ver con ellos?

Desde que Galileo observara por primera vez el cosmos con un telescopio, los astrónomos siempre han pretendido diseñar instrumentos que nos permitan llegar más allá en nuestra concepción del Universo.

Autoría



**Manuel González García**

Jefe de Gestión de Planes y Programas, Parque de las Ciencias

**E**n 1623, el físico italiano Galileo Galilei tuvo una idea que habría de cambiar la historia de la ciencia: se dedicó a observar durante todo un verano el Sol con un telescopio. Esta genial ocurrencia le permitió deducir que el astro rey no era una esfera perfecta, sino que presentaba manchas que se movían con el tiempo.

Galileo descubrió también los cráteres en la superficie de la Luna, dio nombre a los cuatro satélites principales de Júpiter (Europa, Io, Ganímedes y Calixto) e intuyó que Saturno tenía anillos. La utilización del telescopio (un instrumento que ya se conocía previamente, pero que nunca se había usado para observar el cielo) abrió nuevas e ilusionantes perspectivas. Desde entonces, los astrónomos y astrónomas se han empeñado en diseñar

instrumentos que nos permitan ir cada vez más allá en nuestra concepción del cosmos. Un telescopio más grande es capaz de captar más cantidad de luz, y por lo tanto, de llegar más lejos.

Además, desde hace tiempo hemos desarrollado herramientas de observación capaces de ver en otras longitudes del espectro electromagnético; o sea, la luz que nuestros ojos no pueden captar.

Hoy en día contamos con grandes aliados para observar el universo en toda su magnitud. En este artículo hablaré de tres de ellos, que se cuentan entre los que más alegrías están dando a los científicos en los últimos tiempos.

# THE CONVERSATION

## GRANTECAN: el mayor espejo mira al cielo desde las Canarias



Situado en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma, el Gran Telescopio de Canarias (GRANTECAN), tiene un espejo principal de 10,4 metros. Eso lo convierte en el telescopio óptico más grande del planeta... por ahora. La construcción del futuro ELT (siglas de Extremely Large Telescope, Telescopio Extremadamente Grande) en Chile, que contará con un espejo primario de 39 metros, amenaza su supremacía. Se prevé que este reciba su primera luz en 2028.

La instrumentación del GRANTECAN le permite operar en los rangos óptico e infrarrojo, un tipo de radiación que nuestros ojos no pueden ver y que nos permite estudiar, entre otras cosas, el polvo interestelar. Gracias a sus prestaciones hemos observado gran número de astros: planetas extrasolares, estrellas evolucionadas, galaxias con poco brillo, etc.

Entre sus descubrimientos destacan la detección de una galaxia (UG00180) situada a 500 millones de años luz o el descubrimiento de la estrella más pequeña jamás observada, TMTS J0526B. Es tan solo siete veces más grande que la Tierra.

## ALMA: el mayor interferómetro jamás creado

ALMA es el acrónimo de Atacama Large Millimetre Array, que significa algo así como gran “cadena” o “sistema” milimétrico de Atacama. Hoy por hoy, es el mayor interferómetro del planeta.



Un interferómetro consiste en un conjunto de radiotelescopios que observan el universo en el rango de las radiofrecuencias, las ondas electromagnéticas con menos energía del espectro. Esto se hace así porque las imágenes que nos proporciona una única antena tienen poca resolución: se ven muy pixeladas. Si utilizamos muchas observando el mismo objeto al mismo tiempo, conseguiremos muchísima más calidad.

Situado en el Llano de Chajnantor (Chile), una inmensa llanura árida y seca a unos 5000 metros de altura, ALMA cuenta con 66 antenas de 7 y 12 metros de diámetro. Sus distintas configuraciones nos permiten desentrañar el universo “frío”, invisible a nuestros ojos.

Así, gracias a este poderoso observatorio hemos sido capaces de contemplar discos protoplanetarios (de donde surgirán sistemas planetarios), galaxias en formación o la muerte de numerosas estrellas.

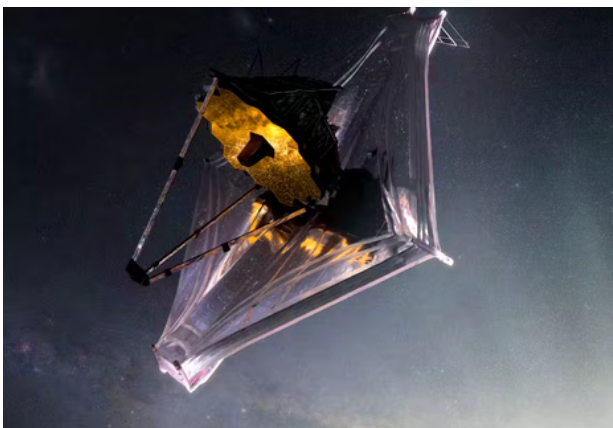
# THE CONVERSATION

Sin embargo, el mayor logro en el que ha participado ALMA ha sido la primera “foto” de un agujero negro. Para confeccionarla se combinaron sus datos con los de otros radiotelescopios distribuidos por toda la Tierra en una colaboración denominada Event Horizon Telescope (Horizonte de Evento de Sucesos).

Se trata del agujero negro supermasivo que hay en el interior de la galaxia M87 y fue la primera imagen de un objeto que no se puede ver. Difundida en 2019, supuso un hito para la humanidad.

## Telescopio espacial James Webb (JWST): el recién llegado

Sin embargo, no solo hay telescopios en la superficie de la Tierra. El principal ejemplo es el James Webb, un telescopio espacial construido con la cooperación de 14 países. Está operado por las agencias espaciales europea (ESA), estadounidense (NASA) y canadiense (CSA).



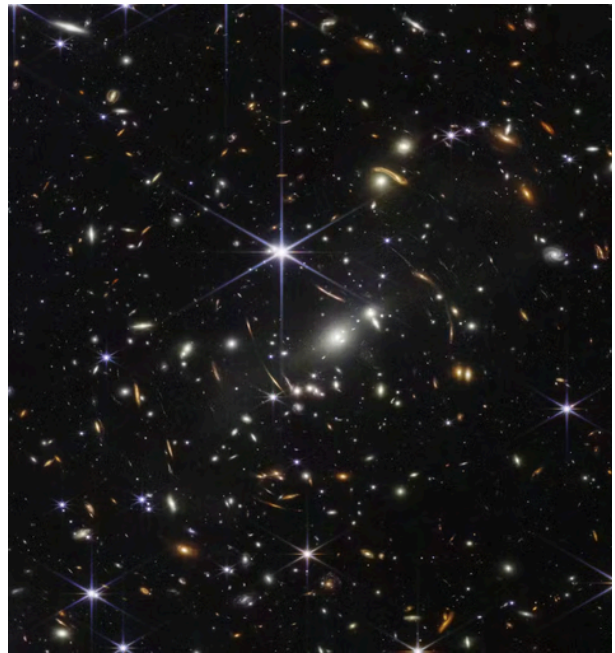
Entre sus principales objetivos se cuenta observar algunos de los objetos más lejanos del universo, como la formación de las primeras galaxias, y estudiar la formación de estrellas y planetas.

Aunque el diámetro de su espejo (6,5 metros) es menor que el de los mejores telescopios terrestres (como el

GRANTECAN), cuenta con una ventaja que le sitúa a la vanguardia de la astronomía de nuestros días: al estar fuera de la atmósfera, obtiene unas imágenes de una gran nitidez.

Sus primeros datos científicos datan tan solo de 2022, pero ya nos ha permitido observar, por ejemplo, la galaxia más antigua conocida hasta ahora (la galaxia de Maisie), restos de supernovas o impactantes fotografías de planetas de nuestro sistema solar.

La calidad de sus imágenes hace que tengamos muchas expectativas puestas en este gigante espacial. Seguiremos viendo cada vez más lejos.



Miles de galaxias se congregan en el cúmulo de galaxias SMACS 0723 en esta espectacular imagen capturada por el James Webb. [NASA / ESA / CSA / STScI](#)



# ¿Cómo empezó la vida en la Tierra?

Aunque los científicos aún no saben dar una respuesta exacta a esta pregunta, cada vez conocen mejor los "ingredientes" de los que estamos hechos todos los seres vivos y cómo pueden formarse.

Pregunta de Nieves, de 14 años. IES El Tablero (Córdoba)

La realidad es que no lo sabemos con exactitud, aunque existen varias teorías basadas en lo que hoy conocemos. Eso no quita que, ante nuevos descubrimientos, estas hipótesis se modifiquen en el futuro.

Pero antes de viajar en el tiempo a ese momento mágico y misterioso, ocurrido hace miles de millones de años, intentaremos definir qué es eso que llamamos "vida".

## ¿Qué entendemos por vida?

Podemos decir que los organismos vivos nacen, crecen, se reproducen y mueren. ¿Deben cumplir todos los requisitos? ¿Si no te reproduces entonces no estás vivo? Un virus no puede crecer o reproducirse de forma autónoma, ¿lo consideramos entonces un ser vivo?

### Autoría



**Carmen María Michán Doña**  
Catedrática de Bioquímica y Biología Molecular,  
Universidad de Córdoba

Los biólogos entendemos que el principal objetivo de un ente vivo es perpetuarse, y para ello debe intercambiar materia y energía con el medio que le rodea. Dicho de otra forma, entraría en el club todo lo que sea capaz de utilizar elementos de su entorno para reproducirse.

Si queremos indagar más sobre el tema, el premio Nobel Paul Nurse escribió un libro titulado ¿Qué es la vida? donde explica de forma amena y apasionada qué significa estar vivo.

# THE CONVERSATION

## ¿De qué estamos compuestos?

Otra característica común son los “materiales” de los que estamos hechos: las llamadas biomoléculas (azúcares, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos). Normalmente son complejas y forman una estructura organizada.

Si nos fijamos, la mayoría sólo constan de cuatro elementos: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, siendo el carbono el pilar de nuestra estructura química. Estos compuestos también forman parte de la materia inorgánica (no viva), aunque no en la misma proporción.

## ¿Se forman biomoléculas fuera de los seres vivos?

La respuesta es sí: se han encontrado en muchos ambientes naturales. Aunque en la mayoría de los casos, vienen de la degradación de seres vivos. Lo más interesante es que se han detectado biomoléculas en otros planetas del sistema solar, en meteoritos o incluso en algunos volcanes.

¿Y cómo se sabe que estas biomoléculas no vienen de otros seres vivos? La respuesta es un poco más compleja. Existen moléculas que están compuestas por los mismos átomos unidos por los mismos enlaces, pero no son exactamente iguales. Se trata de imágenes especulares, o sea, que cada una sería como la imagen en un espejo de la otra. Las diferenciamos porque cuando las iluminamos con una luz polarizada, unas desvían la luz a la derecha (D, dextrógira) y las otras a la izquierda (L, levógira).

En las biomoléculas esto es particularmente importante porque las enzimas –las proteínas que facilitan las reacciones químicas– son muy exquisitas y normalmente sólo admiten uno de los dos tipos. Por ejemplo, los azúcares de

nuestro cuerpo son mayoritariamente D y los aminoácidos –las “piezas” que forman las proteínas– son L.

Esto no pasa con las biomoléculas que no vienen de seres vivos, como las que han aparecido en otros planetas o en los meteoritos, que son aproximadamente mitad D y mitad L.

## ¿Cómo se formaron estructuras organizadas?

Esto es precisamente lo que no sabemos, pero podemos especular, que es lo que nos gusta a los científicos. Lo primero que hay que saber es que cuando surgió la vida (hace unos 4 500 millones de años), la Tierra no se parecía nada a la actual. Se trataba de un planeta geológicamente más activo: la temperatura era mucho más alta y la corteza estaba cambiando bruscamente, por lo que había muchos terremotos, volcanes, etc.

La atmósfera también era muy diferente y estaba compuesta por nitrógeno, dióxido de carbono, hidrógeno y metano. Meteoritos y cometas estaban chocando continuamente sobre la superficie.

Los científicos han intentado recrear estas condiciones en experimentos de laboratorio y han comprobado que se produce la síntesis química de pequeños nucleótidos y otras moléculas orgánicas pequeñas como cianuro de hidrógeno, formaldehído, aminoácidos o azúcares.

Además, los experimentos del bioquímico estadounidense Sidney W. Fox demostraron que si mezclamos pequeñas proteínas con agua se pueden organizar en gotas más grandes que crecen y se pueden romper en gotas más pequeñas similares a la original. ¿A qué nos recuerda?

# THE CONVERSATION

## ¿Podría la vida tener un origen extraterrestre?

No podemos asegurar que no. Al igual que se han detectado biomoléculas en meteoritos y cometas, podrían haber llegado bacterias o esporas desde el exterior de la Tierra. El problema es que las condiciones en el espacio exterior son muy duras, y la radiación ultravioleta y los rayos cósmicos harían bastante difícil que sobrevivieran durante el viaje. Pero no es imposible.

En ciencia, por regla general, la explicación más simple suele ser la más probable. Eso se conoce como la navaja de Ockham. Por ello, suponemos que la vida se formó aquí, aunque todavía nos queda mucho por descubrir del proceso.

De todos modos, quizás deberíamos centrarnos hoy en día en cuidar nuestro medio ambiente y así evitar que la vida, igual que empezó en un momento determinado, pueda desaparecer en los próximos años.



Según la teoría de la panspermia, la vida podría viajar por el espacio a bordo de asteroides o cometas. [solarseven / Shutterstock](#)



Pregunta de Victoria,  
de 15 años. IES  
Jacob Orellana  
Garrido. Alameda  
(Málaga)

## ¿Para qué se crean animales transgénicos?

Los animales transgénicos incorporan genes de la misma u otra especie y son muy útiles en las investigaciones en biología, biotecnología o biomedicina.

Autoría



**Luis Montoliu**  
Investigador científico del CSIC, Centro Nacional de Biotecnología (CNB - CSIC)

Es una excelente pregunta que merece ser contestada adecuadamente. Pero, para empezar, debemos entender bien qué es un animal transgénico o, en general, qué es un ser vivo transgénico, sea este una planta, un animal o una bacteria.

### De los primeros ratones a las bacterias y las plantas transgénicas

Los organismos transgénicos son aquellos a los cuales se les ha añadido uno o varios genes de la misma u otra especie para que adquieran alguna característica que pueda resultar útil, tanto al propio ser vivo como a la investigación que pueda realizarse con él. Al nuevo material genético incorporado se le llama transgén y, por lo tanto, denominamos a los seres vivos portadores de transgenes organismos transgénicos u organismos modificados genéticamente (OMG).

Sabemos crear animales transgénicos desde finales de los años 70 del siglo pasado. En primer lugar usando virus, capaces de insertar su material genético en el genoma de embriones de ratón (los primeros animales que se usaron para crear transgénicos). Posteriormente, los científicos ya emplearon microinyecciones para depositar directamente el transgén o transgenes que querían añadir en el núcleo de los embriones de ratón.

La primera bacteria transgénica es del año 1981: una *Escherichia coli* capaz de producir insulina humana tras haberle introducido el gen que codifica esta hormona en su genoma. Y poco después, en 1983, empezaron a crearse plantas transgénicas. Se obtuvieron aprovechando la capacidad natural que tiene una bacteria, llamada *Agrobacterium tumefaciens*, de infectar a las células de las plantas y transferirles parte de su material genético.



# THE CONVERSATION

## El gen de una medusa revela los secretos de la sangre

Los animales transgénicos se han utilizado para múltiples aplicaciones científicas, ya sea en biología, biomedicina o biotecnología. A los investigadores nos sirven para entender el funcionamiento de los genes, para desarrollar nuevas terapias médicas y para producir proteínas recombinantes. Estas últimas son las proteínas que podemos obtener de algún órgano del animal transgénico (por ejemplo, a partir de la leche que fabrica la glándula mamaria) y que pueden ser usadas para los pacientes que las necesitan.

Quizá la mejor manera de entenderlos es a través de ejemplos, como los tres que detallo a continuación.

Una de las posibilidades es insertar el gen de una medusa en el genoma del ratón. Concretamente, uno perteneciente a la medusa *Aequorea victoria*, que vive en aguas del océano Pacífico y brilla con un color verde fluorescente en la oscuridad de la noche. Este resplandor atrae a peces que, al acercarse, tocan alguno de sus tentáculos y se quedan paralizados, convirtiéndose en la comida de la medusa.

El brillo de *Aequorea victoria* se debe a la proteína verde fluorescente, codificada en el gen GFP. Si introducimos el gen GFP en embriones de ratón nacerán ratoncitos fluorescentes, que han sido muy útiles en experimentos de medicina regenerativa o investigaciones sobre trasplantes.



Ratones transgénicos fluorescentes junto a otros ejemplares de color normal.  
Andras Nagy

Por ejemplo, todas las células de uno de esos ratones transgénicos pueden ser verdes fluorescentes, incluidas las de la sangre. Si queremos estudiar cómo las células de la médula ósea son capaces de reconstruir todas las células de la sangre (glóbulos rojos, glóbulos blancos o linfocitos, plaquetas...), podemos usar células de un ratón transgénico verde e introducirlas en la médula de un congénere normal.

Entonces veremos cómo aquellas células verdes van dando lugar a las diferentes células de la sangre, que siguen siendo del mismo color. Así, los científicos podemos investigar el modo en que esa nueva médula ósea verde recoloniza un ratón de color convencional.

## Sin ellos, las vacunas no habrían sido posibles

Para desarrollar las vacunas contra la covid-19, causada por el coronavirus SARS-CoV-2, se usaron diferentes modelos animales, en los que se comprobó si eran seguras y eficaces. Esto corresponde a los ensayos preclínicos, que deben ser realizados antes de comenzar los ensayos clínicos con voluntarios.

Habitualmente se usan roedores, sobre todo ratones, en estas primeras fases de validación. Pero en este caso, los investigadores descubrieron que los ratones no se infectaban por el coronavirus de forma natural, pues la proteína que actúa como puerta de entrada del virus en los ratones (un receptor de la membrana externa de las células que se llama Ace2) es ligeramente distinta de la que tenemos los humanos (ACE2).

# THE CONVERSATION

Para solucionar este problema, los científicos introdujeron el gen ACE2 humano en el genoma de ratón y crearon ratones transgénicos ACE2, que ahora ya pueden ser infectados por el coronavirus. Estos animales fueron una herramienta importantísima en la creación de las vacunas que nos permitieron controlar y sobrevivir a la pandemia.

## **Cerdos transgénicos: ¿el futuro de los trasplantes?**

Cada vez son más las personas que necesitan un nuevo órgano para sustituir al que tienen, que está dañado o no funciona adecuadamente. Sin embargo, no todos los pacientes que lo necesitan pueden acceder a un trasplante. Desgraciadamente, algunas personas fallecen en la lista de espera, antes de que les llegue su turno para ser trasplantadas.

Para resolver este problema hay varias soluciones. En primer lugar, aumentar las donaciones de órganos de personas que acaban de morir por otras causas. España, por ejemplo, es un país líder en donaciones de órganos y en trasplantes, y aun así siguen quedando muchas personas a quienes no les llega su turno para ser trasplantadas y acaban falleciendo.

Una solución alternativa es usar órganos de otros animales parecidos a nosotros. Por ejemplo, el cerdo. El problema es que si intentamos introducir un corazón o un riñón de este animal dentro de un cuerpo humano, nuestro sistema inmunitario detectará que esas células no son humanas y lo rechazará. Pero si le añadimos varios genes humanos al cerdo, creando un ejemplar transgénico – entre otras modificaciones genéticas –, entonces lograremos engañar al sistema inmunitario y sus órganos serán aceptados.

Estos trasplantes entre animales distintos se llaman xenotrasplantes y ya se han hecho varios experimentos pioneros con pacientes que han logrado sobrevivir con corazones, riñones y hasta hígados de cerdos transgénicos.



# ¿Es posible cultivar alguna planta de nuestro planeta en Marte?

Cultivar plantas comestibles en un ambiente tan hostil como el de nuestro planeta vecino no parece tarea fácil. He aquí algunas ideas para que los futuros colonos puedan alimentarse de vegetales marcianos.

Pregunta de  
Joel, de 16 años.  
IES Fuerte de  
Caniles.  
(Granada)

Autoría



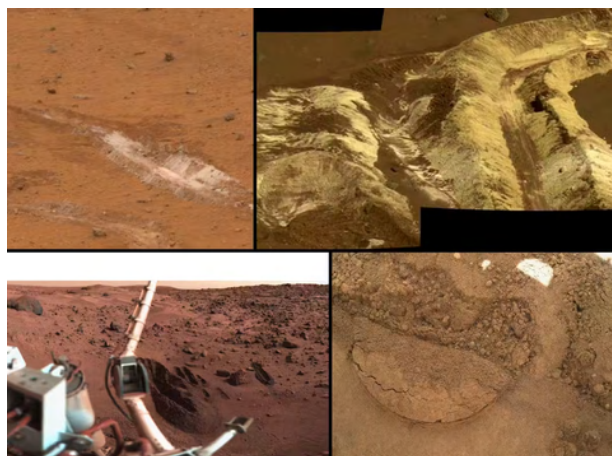
**Manuel Espinosa Urgel**

Investigador Científico en Microbiología Ambiental y responsable de la Unidad de Cultura Científica, Estación Experimental del Zaidín (EEZ - CSIC)

Marte siempre ha fascinado a los científicos (y a los escritores de ciencia ficción). Es nuestra próxima frontera para la exploración humana. De hecho, la [NASA](#) está ya haciendo preparativos para enviar una misión tripulada en la década de 2030.

Genial. Y cuando lleguemos allí, ¿qué vamos a comer? ¿Tendremos que alimentarnos con barritas energéticas y arenques secos o podremos preparar unas tostadas con tomates marcianos? Por las imágenes, uno diría que cualquier desierto de la Tierra es más cultivable que Marte.

Pero para ver cómo de complicado es, pensemos en lo que necesita el geranio de tu balcón.



Muestrario de suelos marcianos. A simple vista, no parecen muy apropiados para plantar nada en ellos.  
NASA / JPL-Caltech

# THE CONVERSATION

## Agua

Hace millones de años, Marte tenía abundante agua líquida. Hoy sigue habiendo agua, pero la mayor parte está congelada bajo la superficie en las zonas polares. Así que tendríamos que pensar cómo extraerla para regar nuestras plantas.

También se ha encontrado agua en forma de salmueras, es decir, mezclada con una altísima cantidad de sales; principalmente cloratos y percloratos, que son tóxicos. Para aprovecharla, necesitaríamos eliminarlos o buscar plantas adaptadas a una concentración elevada de estos compuestos. Además, hay bacterias capaces de tolerar condiciones adversas (alta salinidad, compuestos tóxicos, etc.) y que ayudan a las plantas a crecer en ambientes difíciles. Quizás podrían servirnos de apoyo en nuestros cultivos marcianos.

---

## Luz y CO<sub>2</sub>



Sabemos que las plantas necesitan luz para realizar la fotosíntesis, un proceso en el que capturan dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera, quedándose con el carbono y liberando oxígeno. Ambas cosas, luz solar y CO<sub>2</sub> atmosférico, están disponibles en Marte, así que ya podemos plantar nuestros tomates, ¿no? Bueno, hay un problema. La atmósfera marciana es muy tenue y deja pasar gran cantidad de la radiación ultravioleta que viene del Sol. Exponerse a niveles tan elevados, incluso por poco tiempo, resulta dañino, y es mortal si la exposición es prolongada.

Quizás alguna bacteria, como *Deinococcus radiodurans*, podría sobrevivir una temporada, pero poco más.

## Temperatura y nutrientes

La temperatura en la superficie de Marte oscila entre los 20 °C a mediodía y los -65 °C de noche, alcanzando incluso los -150 °C en las zonas polares. Aunque hay plantas capaces de tolerar temperaturas extremas, pocas sufren cambios tan drásticos en un mismo día.

Por otra parte, si queremos que nuestros cultivos crezcan, no basta con darles agua y ponerlos al sol. Necesitan otros elementos para sus funciones vitales: nitrógeno, fósforo, hierro, calcio...

El hierro sí es abundante en la superficie marciana, compuesta principalmente por polvo y rocas de origen volcánico. El problema es que no hay materia orgánica, así que tendremos que añadir los otros elementos.

---

## Oxígeno



Casi toda la vida en la Tierra necesita oxígeno (solo algunos microorganismos pueden “respirar” otros elementos), y las plantas no son una excepción. Como en el planeta rojo no hay oxígeno libre, para poder plantar algo y que sobreviva primero tendríamos que cambiar su atmósfera y que volviera a ser como posiblemente fue hace muchísimo tiempo. ¿Es posible?

Hace unos 2 500 millones de años, unos microorganismos llamados cianobacterias consiguieron transformar la atmósfera terrestre y llenarla de oxígeno. Lo que ocurre es que lo hicieron gracias a la gran cantidad de agua líquida que había, y en Marte no tenemos.

# THE CONVERSATION

## Entonces, ¿no hay manera de hacer una ensalada marciana?

Nos hemos hecho esta pregunta en varios [proyectos educativos](#) con estudiantes de secundaria, en colaboración con el profesor [Antonio Quesada](#). No somos los únicos, la NASA [ya lo está investigando](#) (después de ver nuestras ideas, seguro). Conseguir que una misión espacial pueda producir sus propios alimentos sería un gran avance.

Para poder cultivar plantas marcianas tendremos que ser creativos, como en la película [Marte](#) (2015). Aunque mejor estar preparados de antemano; con trabajo científico previo no habrá que improvisar a base de trozos de patata y caca de astronauta. Así que repasemos los problemas y cómo resolverlos.

Podríamos pensar en plantas adaptadas a la escasez de agua, como los cactus (aunque no parecen muy apetitosos). También podríamos conseguir variedades mucho más resistentes a condiciones extremas; por ejemplo, mediante técnicas de edición genética. Pero sin oxígeno, cultivar en el exterior está descartado.

## Cosecha de invernadero

Habrà que construir algo parecido a un invernadero, con materiales aislantes que mantengan temperaturas y una atmósfera similares a las de la Tierra. Si queremos aprovechar la luz solar, necesitaremos filtros que reduzcan la radiación ultravioleta y ajusten el color y la intensidad de luz.

También tendremos que añadir nutrientes a nuestras plantas. Luego podremos aprovechar los restos vegetales de nuestra primera cosecha, junto con otros residuos orgánicos, y producir abono. Quizás a largo plazo consigamos extraer agua de Marte y reducir su contenido en sales tóxicas.

Mientras tanto, habrá que reciclar todo lo posible (vaya, al final no solo necesitamos caca, sino también pis de astronauta).

Tampoco debemos olvidar algo importante: en la Tierra, los microorganismos del suelo son clave para las plantas. Participan en el “reciclaje” de la materia orgánica, y ya hemos mencionado que algunos ayudan a las plantas en situaciones difíciles. Así que vendrá bien tenerlos a mano.



Recreación de un invernadero marciano. Wikimedia Commons / NASA / Human Systems Engineering and Development Division

## A dieta de legumbres

Una vez terminado el invernadero, ¿qué cultivamos? Para la nutrición de nuestros primeros marcianos, seguramente lo mejor sería plantar [legumbres](#): lentejas, garbanzos, alubias y guisantes son saludables y ricos en proteínas, hidratos de carbono y fibra.

Además, algunas necesitan poca agua y se adaptan bien a distintas condiciones. Eso sí, la convivencia en un espacio cerrado como el de una base en Marte puede resentirse con esta dieta y los gases que genera: no vas a poder abrir la ventana para ventilar...



Pregunta de Samuel, de 14 años. IES Azcona. (Almería)

## ¿Cómo se genera energía a partir del hidrógeno?

Cuando el hidrógeno reacciona con el oxígeno para producir agua se produce una gran liberación de energía. La clave está en cómo controlarla y aprovecharla.

Autoría



Antonio Manuel Romerosa Nieves  
Catedrático de Química Inorgánica, Universidad de Almería

Los átomos son como la mayoría de las personas: no les gusta vivir solos. Los únicos que se mantienen sueltos son los llamados gases nobles, mientras que los demás “se calman” cuando se unen entre ellos. Es así como se forman todos los compuestos químicos que conocemos.

### Átomos que hacen muy buenas migas

Esa es la razón por la que no encontramos átomos de hidrógeno (de símbolo H) o de oxígeno (O) en la naturaleza, pero si sus moléculas de dihidrógeno (H-H) y de dióxígeno (O-O), como si fueran dos hermanos gemelos que siempre van juntos. Así, cuando hablamos de hidrógeno y oxígeno, se sobreentiende que son las moléculas de esos elementos, no los átomos por separado.

Pero al igual que sucede con los hermanos o los amigos, y por muy a gusto que estén cuando se reúnen en las condiciones adecuadas, las moléculas reaccionan entre sí, dando lugar a otras mucho más estables.

La peculiaridad del hidrógeno es que puede reaccionar con el resto de átomos –incluso con los gases nobles en determinadas circunstancias–, proceso en el que se desprende energía.

Y como es de imaginar, no todas las reacciones del hidrógeno producen la misma energía, igual que no estamos igual de bien con todos nuestros amigos. Un átomo con el que hace realmente muy buenas migas es el oxígeno, con quien forma agua (el famoso H<sub>2</sub>O).

# THE CONVERSATION

## La formación de agua desprende un montón de energía

Nos referimos a una de las reacciones químicas que desprende mayor energía (-286 kJ/mol) en la naturaleza; tanta que un kilogramo de hidrógeno produce 120 megajulios (MJ). Es una cantidad muy grande, sobre todo si la comparamos con los 47 MJ que libera un kilo de gasolina.

El propio nombre del elemento nos da una pista: *hidrógeno* proviene de la palabra griega ὕδωρ (*hýdōr*), que significa "que produce agua". Constituido únicamente por un protón y un electrón, es el elemento químico más pequeño que se conoce. Por eso la molécula de dihidrógeno es un gas, faltándole un electrón para completar su capa electrónica.

Los átomos están constituidos por el núcleo, en donde se concentra la carga positiva, y los electrones, que giran alrededor. Esos electrones, igual que las partes de un edificio, se ordenan en capas por encima del núcleo. Si estas no tienen "agujeros", los átomos consiguen la máxima estabilidad.

El oxígeno también es pequeño y gaseoso, con la diferencia de que le faltan dos electrones para completar su propia capa electrónica. La solución que encuentran ambos es compartir esos electrones, lo que explica que en el agua haya dos hidrógenos por cada oxígeno (H<sub>2</sub>O). Es como si a los átomos les faltara una pared en sus casas. Compartiéndolas entre ellos, la completan y ahorran el dinero de tener que construirla por separado.

Ya hemos dicho antes que el hidrógeno desprende mucha energía al reaccionar con el oxígeno. Como este elemento abunda en nuestra atmósfera –y por lo tanto es gratis–, se pensó que su quema o combustión con el oxígeno podría ser la forma ideal para obtener energía de

forma controlable. Y sin efectos contaminantes, ya que el único residuo que se produce es agua.

## Cómo podemos evitar que se caliente el planeta

Actualmente, mucha de la energía que usamos en nuestra vida cotidiana proviene de quemar hidrocarburos, como la gasolina. Gracias a esta reacción nos desplazamos en nuestro coche, viajamos en avión o en barco, calentamos nuestra casa o producimos electricidad.

Dicha reacción es controlable y práctica, pero tiene un problema que ha adquirido las proporciones de problemón: desprende dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), otra molécula muy pequeña, estable y gaseosa que bloquea el paso de la radiación infrarroja, la que nos hace sentir calor.

Esa propiedad está haciendo que la Tierra se caliente de forma progresiva conforme la cantidad de CO<sub>2</sub> aumenta en nuestra atmósfera. De ahí el interés de usar el hidrógeno como fuente de energía.

Un obstáculo es que la reacción del hidrógeno con el oxígeno produce tanta energía que es difícil de controlar. Entre las muchas técnicas de las que disponemos y se investigan para conseguirlo, destacan las pilas de combustible, gracias a las cuales ambos gases reaccionan generando electricidad, no calor. Estos dispositivos son capaces de mover un coche, un autobús o incluso un avión.

A pesar de lo prometedora que resulta esta tecnología, todavía queda tiempo para que podamos ver a los vehículos con pilas de hidrógeno conquistando nuestras carreteras. La esperanza es que dentro de pocos años sea posible usar este elemento como combustible de manera generalizada. Y que las hidrogeneras sustituyan a las gasolineras.



# ¿Por qué no podemos respirar debajo del agua?

Nuestros pulmones, al contrario que pasa con las branquias de los peces, no están preparados para extraer las moléculas de oxígeno disueltas en el agua.

Pregunta de Alba, de 13 años. IES Manuel Romero. Villanueva de la Concepción (Málaga)

## Autoría



**Carlos Jerez del Valle**

Profesor de Ciencias Experimentales en el Centro de Magisterio La Inmaculada (adscrito a la Universidad de Granada), UNIR - Universidad Internacional de La Rioja

Esta es una de esas frases que uno no sabe si escribirla de forma interrogativa (para convertirla en pregunta) o exclamativa (a modo de queja). Ciertamente, sería interesantísimo poder sumergirnos y bucear despreocupados, disfrutando de los increíbles tesoros del mundo submarino.

## Cuestión de branquias

Por desgracia, los seres humanos no podemos respirar sin apoyos artificiales bajo el agua. La respuesta rápida sería que esto sucede sencillamente porque tenemos pulmones. O, dicho de otro modo, porque carecemos de las estructuras anatómicas necesarias para extraer oxígeno de manera eficiente del medio acuoso.

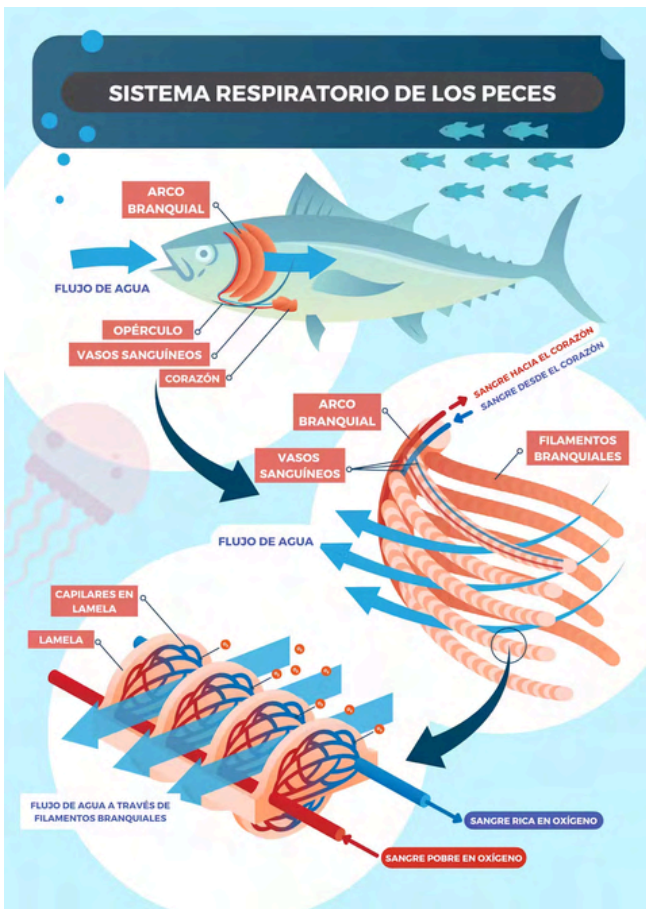
Esas estructuras reciben el nombre de branquias y sí están presentes, por ejemplo, en los peces. También existen otras alternativas para respirar bajo el agua que pueden observarse en invertebrados poco activos y con necesidades de oxígeno bajas.

El funcionamiento del sistema branquial es más o menos sencillo si lo comparamos con el de nuestro sistema respiratorio. Los peces abren la boca para tragar agua y la dejan salir por los laterales de su cuerpo. En el caso de los peces cartilaginosos (como los tiburones, las rayas o las mantas), el proceso se realiza a través de las llamadas hendiduras branquiales.



# THE CONVERSATION

El resto, los conocidos como peces óseos (las sardinas, los boquerones, las truchas o las merluzas, por ejemplo), expulsan el agua por los opérculos laterales, una estructura a modo de lengüeta que tapa y protege las branquias y que, normalmente, marca el límite trasero de la cabeza.



Tanto si son peces óseos como cartilagosos, el agua siempre atraviesa los arcos branquiales, unas estructuras sobre las que se disponen unas laminillas con capacidad para extraer eficazmente el oxígeno disuelto en el agua. Si nos fijamos, el recorrido del agua aquí es unidireccional: entra por la boca cargada de oxígeno y sale por los laterales del cuerpo arrastrando consigo el dióxido de carbono.

## Por qué nuestros pulmones no valen para eso

El funcionamiento de nuestro sistema respiratorio es totalmente distinto, por lo que nuestros pulmones se encuentran con dos grandes limitaciones para poder respirar bajo el agua.

La primera, y más determinante, es que son incapaces de extraer de forma eficiente el oxígeno del agua. Podríamos pensar que ésta contiene mucho oxígeno, pues en su estructura molecular encontramos dos átomos de hidrógeno por cada átomo de oxígeno (por eso la representamos como  $H_2O$ ). El problema es que ese oxígeno no es accesible ni para nosotros ni para los peces.

El oxígeno que necesitamos es el que se conoce como oxígeno molecular (representado como  $O_2$ ) y que está presente tanto en el aire (a una concentración del 21 %) como en el agua (en una proporción de en torno al 1% si lo comparamos con el mismo volumen de aire). Pues bien, nuestros pulmones no pueden acceder de forma eficiente al  $O_2$  del agua, mientras que el intrincado diseño de los filamentos branquiales sí es capaz de extraer el 80 % de ese oxígeno disuelto.

El segundo problema con el que tendrían que lidiar nuestros pulmones es, precisamente, la densidad del agua. En el supuesto de que pudiéramos obtener oxígeno suficiente directamente de ella, el recorrido es bidireccional, lo que significa que el agua debería entrar y salir por el mismo sitio (como lo hace el aire). Nuestro sistema respiratorio no tiene fuerza suficiente para movilizar todo este líquido y los pulmones quedarían rápidamente encharcados por agua pobre en oxígeno.

# THE CONVERSATION

En cambio, el aire es muy ligero y podemos hacerlo circular sin problemas mediante la respiración pulmonar, a través de inspiraciones y espiraciones cíclicas (recuerda que es muy importante escribir “espirar” con “s”; si lo escribes con “x” quiere decir “morirse”).

## Intercambio de gases en los alveolos

Cuando el aire entra por las fosas nasales (preferentemente) o por la boca, atraviesa la faringe y la laringe y es conducido por la tráquea, los bronquios y los bronquiolos hasta el interior de los pulmones. Allí llega al interior de unas estructuras huecas, a modo de sacos, conocidas como alveolos (hay unos 300 millones de media por pulmón).

Las paredes de estos alveolos están recubiertas por una única capa muy fina de células en estrecho contacto con los capilares sanguíneos. La concentración de  $O_2$  en el aire es tan elevada que atraviesa sin dificultad las membranas celulares hacia la sangre para tratar de equilibrar la presión parcial a uno y otro lado de las mismas (entre el aire y la sangre).

Y lo mismo pasa con el dióxido de carbono, pero en sentido inverso: se moviliza desde la sangre hacia el aire del interior de los alveolos para ser expulsado en la siguiente espiración.

En cada ciclo respiratorio hacemos entrar y salir de los pulmones aire (entre 5 y 6 litros por minuto), renovándolo continuamente y asegurando el suministro de oxígeno a nuestro cuerpo.

## Las ballenas o los delfines tampoco pueden respirar bajo el agua

Pero esto no es exclusivo de los seres humanos. De hecho, nuestro sistema respiratorio es muy similar al del resto de amniotas, palabreja que usamos para designar a todos los vertebrados cuyo embrión se desarrolla flotando en líquido amniótico gracias a una capa que lo rodea llamada amnios; es decir, reptiles, aves y mamíferos. Ni siquiera los mamíferos marinos (como las ballenas o los delfines) pueden respirar bajo el agua, teniendo que subir con mayor o menor frecuencia a superficie para abastecerse de oxígeno.

Los anfibios se encuentran a medio camino entre un sistema y otro. De hecho, la mayoría de los ejemplares juveniles viven en el medio acuoso respirando con branquias que perderán de adultos para dar paso a unos pulmones rudimentarios que necesitan el apoyo de la respiración cutánea. Por eso tienen la piel viscosa.



Pregunta de Naira,  
de 16 años. IES  
Virgen del Mar.  
Adra (Almería)

## ¿Qué podemos saber de los dinosaurios por sus huellas?

Las huellas que dejaron al caminar los dinosaurios permiten resolver algunos enigmas de su vida que ni los esqueletos más completos podrían esclarecer.

Autoría



Luis Alcalá

Director Gerente del Consorcio Parque de las  
Ciencias, Parque de las Ciencias

La fascinación por los huesos de dinosaurios empezó a principios del siglo XIX y aún sigue muy viva. Hechizan incluso a quienes los desentierran, de tal manera que no pueden reprimir tumbarse a su lado para fotografiarse con cierto riesgo: las imágenes pueden ser tanto épicas como ridículas.

Cuanto más esqueletos –completos o parciales– encontramos, más sabemos de los dinosaurios. Pero, obviamente, ni siquiera todos los huesos de todos los museos del mundo pueden contestar a todas las preguntas que nos plantean estos animales tan populares, como de qué color eran. Para intentar responderlas contamos con otros testimonios de su paso por la Tierra.

### Fósiles fantasmagóricos

Un fósil es cualquier resto de un ser vivo o de su actividad que ha sido afectado por un proceso de fosilización que habitualmente lo ha conservado durante un cierto tiempo en el interior de una roca. Las huellas pertenecen a lo que se conoce corrientemente como restos indirectos y técnicamente como icnofósiles. Son tan abundantes y variados que han dado lugar a una rama propia de la paleontología.

Incluso hay organismos que se conocen solo por esos vestigios y ni siquiera se ha podido saber quién pudo haberlos producido.

# THE CONVERSATION

¿Qué es realmente una huella de dinosaurio? Pues un hueco en el sedimento, una deformación del terreno sobre el que pisó el animal, una anomalía en un estrato que muchos equipos de paleontología buscan sin descanso. Ningún resto biológico de la criatura que la produjo se ha conservado en tal hueco y, sin embargo, aporta una información valiosísima que complementa a la que proporcionan los huesos.

La más singular es que demuestran la presencia de dinosaurios en áreas geográficas y edades geológicas en las que no se ha encontrado ni uno solo de sus huesos. Otra de las ventajas es que, mientras los huesos permiten saber quiénes eran los dinosaurios, sus huellas nos indican qué estaban haciendo (comportamiento) y dónde lo hacían.



## Escrito en el aire

Aquellos huecos, rellenos posteriormente por sedimentos que han permitido su conservación, nos dan pistas del tipo de dinosaurios que los produjeron, de modo que nos pueden revelar datos de dónde y cuándo vivieron. Pero conviene señalar que esas huellas son el resultado de la interacción de la extremidad de un dinosaurio con un sustrato.

Actualmente se descubre en torno a una nueva especie de dinosaurio cada semana, lo que puede dar idea de la variedad de sus tamaños, formas y pesos. Y el sustrato puede variar, a su vez, en los

tamaños de sus componentes y en su plasticidad, entre otras características físicas.

Además, el animal podía moverse tranquilamente o bien a su máxima velocidad. La gran cantidad de posibilidades que se obtienen al cruzar estos factores complica la identificación precisa del dinosaurio que produjo las huellas.

Podemos experimentar tal diversidad de posibles resultados con una propuesta de ejercicio tafonomico (es decir, del modo en el que se forman y transforman los yacimientos de fósiles). Para ello, caminaremos varias personas en una playa de modo paralelo al agua –algunas muy cerca de ella, otras a unos pocos metros y otras muy alejadas en la arena seca que nos quema los pies–. Después, tratemos de averiguar a quién corresponde cada pisada, en caso de que se hayan conservado. Así que este no es, ciertamente, el punto fuerte de las huellas frente a los huesos.

## Cuando un hueco es mejor que un hueso

Sin embargo, las huellas son imbatibles a la hora de certificar que en un lugar determinado estuvo un dinosaurio. No sucede lo mismo con un hueso o un esqueleto, que pudo haber sido desplazado del área por donde deambulaba su propietario por corrientes de agua o lodo o por carroñeros que transportaron parte de los restos del animal a otro lugar para consumirlos.

Una información valiosísima que nos aportan consiste en determinar rasgos del animal relacionados con sus desplazamientos cuando estaba vivo. ¿Corría tanto el tiranosaurio como en las películas o no? Se puede calcular la velocidad a la que se desplazaban cuando se han conservado rastros, es decir, varias huellas consecutivas (y conocemos rastros de dinosaurios de más de 600 metros de longitud).

# THE CONVERSATION

Otra pregunta a la que pueden contestar es: ¿vivían solos o en manadas? Un yacimiento con muchas huellas (los hay que tienen miles y miles) permite determinar comportamientos gregarios e incluso desvelar que existieron cuidados parentales cuando huellas de dinosaurios muy jóvenes fosilizaron rodeadas de otras de individuos adultos.

No está mal, para ser solo agujeros o moldes rellenos, pero todavía nos pueden decir mucho más: cómo era la piel, si tenían hábitos bípedos o cuadrúpedos, qué patologías padecieron en las extremidades, si eran capaces de nadar, cuáles eran sus rituales de cortejo, cómo interactuaban el depredador y la presa, etcétera.

Y si la juventud que nos lee también se dedica a estudiarlas, todavía podremos obtener más información, aunque tampoco por este camino conseguiremos descifrar el color de los dinosaurios...



Pisadas de terópodos en el yacimiento paleontológico de Yanashallash (Perú). Jcvas81 / Wikimedia Commons, CC BY



# ¿Es posible que nos trasplanten una cabeza?

El fabuloso embrollo de conexiones que une el cerebro con el resto de nuestro sistema nervioso vuelve prácticamente imposible una operación de este tipo.

Pregunta de Irene, de 16 años. IES Sierra Bermeja (Málaga)

## Autoría



### Guillermo López Lluch

Catedrático del área de Biología Celular. Investigador asociado del Centro Andaluz de Biología del Desarrollo. Investigador en metabolismo, envejecimiento y sistemas inmunológicos y antioxidantes., Universidad Pablo de Olavide

La literatura de fantasía y ciencia ficción está plagada de trasplantes de cabeza. De alguna manera, ya aparecen en el libro Frankenstein o El moderno Prometeo (1818), de Mary Shelley. En esta genial obra, se plantea la posibilidad de unir partes humanas como si fueran piezas de un puzle para que vuelvan a funcionar como un todo.

La serie de televisión El problema de los 3 cuerpos, basada en una trilogía de novelas del escritor chino Cixin Liu, también juega con la idea, esta vez en forma de un cerebro que envían al espacio y podría ser trasplantado por alienígenas.

Pero ¿es posible hacerlo?

En primer lugar, debemos tener en cuenta que no se trata de que nos trasplanten una cabeza, sino de que la nuestra, con su cerebro incluido, sea colocada en otro cuerpo. En el primer caso supondría que ya no seríamos nosotros, ya que nuestra consciencia sería la consciencia presente en esa cabeza “de repuesto”. Es decir, seríamos la persona a la que pertenece nuestra nueva cabeza.

Por ello, lo que responderemos aquí es si nuestra cabeza y todo su contenido podrían implantarse y funcionar en otro cuerpo.

# THE CONVERSATION

¿Trasplantes de ayer y hoy  
Desde que en 1906 el cirujano francés Mathieu Jaboulay anunció el primer trasplante de la historia –era un riñón de cerdo, recibido por una mujer de 50 años–, este campo de la medicina ha mejorado mucho.

Hoy en día se puede trasplantar prácticamente cualquier órgano de persona a persona, siempre y cuando esté en buen estado y sea compatible inmunitariamente (es decir, que el sistema inmunitario del receptor no lo ataque al detectarlo como algo extraño), aunque no siempre es necesario este último requisito.

## Un lío de conexiones

Pero en el caso del sistema nervioso central, se nos presenta un gran problema: su enrevesado sistema de conexiones. En tan solo un milímetro cúbico –es decir, un cubo de un milímetro de lado en cada arista–, encontramos 57 000 células, casi 150 millones de conexiones entre neuronas (sinapsis) y 230 milímetros de vasos sanguíneos.

A ello debemos sumar que para que el sistema nervioso funcione, las neuronas deben recibir señales procedentes de otras neuronas (a través de unas prolongaciones llamadas dendritas) y emitir una señal (a través de su axón o axones, que tienen forma de tubo). Eso quiere decir que las neuronas reciben datos desde el resto del cuerpo, los transmiten de unas a otras y emiten las órdenes para que se produzca la reacción adecuada en el lugar adecuado. Este lugar puede ser un órgano, un músculo o una glándula.

La zona donde se integra la información es lo que conocemos como sustancia gris, repleta de cuerpos neuronales y de interacciones.

A la parte llena de axones mielinizados (o sea, recubiertos con una especie de funda protectora) se le llama sustancia blanca.

Para complicar las cosas, en la cabeza tenemos no solo el cerebro, sino también el cerebelo, responsable de la coordinación de los movimientos. Y también el bulbo raquídeo, centro de control de la respiración y la actividad cardíaca.

## Cables que conviene no cortar

Pues bien, todas las señales que llegan y salen del cerebro son enviadas por paquetes de nervios. Como si fueran un mazo de cables, conducen información hacia las diferentes zonas del sistema nervioso, desde éste hacia el resto del cuerpo y desde el cuerpo hacia el cerebro y el resto de partes del sistema nervioso central.



Si este enorme sistema sufre un problema o se corta, llega el desastre. Cuando la médula espinal se cercena en algún lugar, la persona afectada padecerá distintas formas de parálisis: tetraplejía o paraplejía, dependiendo de la altura a la que se produce la rotura.

Reconectar los nervios es, hasta la fecha, prácticamente imposible. No obstante, se han realizado algunos progresos: recientemente, un hombre tetrapléjico ha vuelto a caminar gracias a un ordenador que recoge las señales del cerebro y transmite las órdenes de movimiento a sus piernas.

# THE CONVERSATION

## ¡Qué nervios!

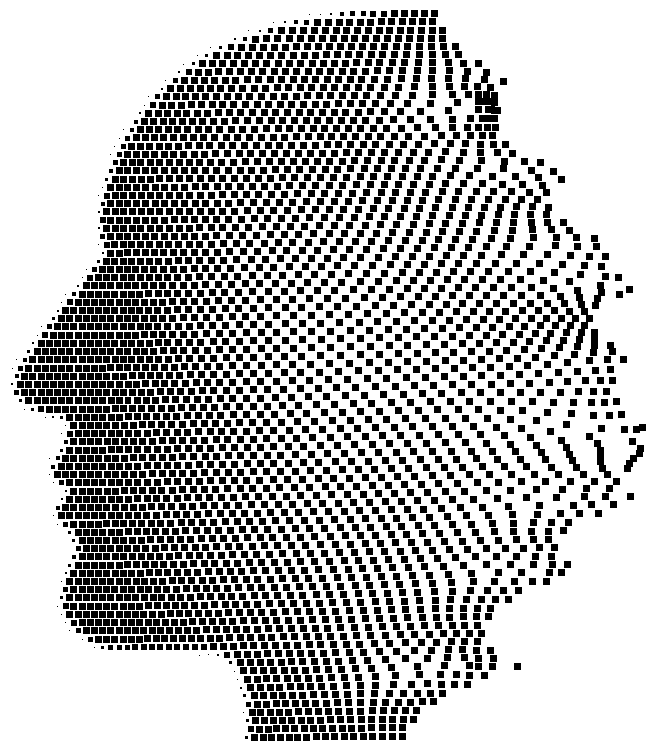
El enorme mazo de cables que conecta sistema nervioso central craneal con el sistema medular sería el que deberíamos ensamblar de alguna manera entre el donante de la cabeza y el receptor. Si aceptamos esa posibilidad, lo ideal es que la unión se produzca al nivel del cuello, para no tocar el bulbo raquídeo.

Pero unir nervios no es nada fácil. Incluso en el caso de los trasplantes de miembros como brazos y piernas, la unión nerviosa, que es de nervios aislados y mantiene cierta capacidad de regeneración, es difícil de hacer. No se suele conseguir que funcionen al 100 %.

Además, en el caso de un supuesto trasplante de cabeza, no hablamos de un nervio fácilmente identificable, no. Nos las veríamos con un mazo de millones de cables que deben conectarse de manera totalmente perfecta con la otra parte del manojo, en la médula espinal. Y todo ello sin tener en cuenta la muerte celular que se produce en cuanto se corta la médula espinal. Algo que ocurriría tanto en la parte de la cabeza como en la del tronco del supuesto receptor.

¿Te imaginas que pasaría si acabaran conectando los nervios que controlan los movimientos de los brazos con los de los pies? ¿O los que envían información del intestino con los que se ocupan de la coordinación de los movimientos? No, está claro que el trasplante no es viable.

Así que, por ahora, tenemos que conformarnos con tener nuestra cabecita pegada a nuestro cuerpo. Y que dure así.







**Pregunta de Lucía,  
de 16 años. IES  
Ramón y Cajal.  
(Granada)**

# ¿Por qué no imprimen más dinero si hace falta?

**A más billetes circulando, más suben los precios. Y esa espiral puede despertar a un monstruo muy temido por los economistas: la hiperinflación.**

Autoría



**Virginia Rosales**  
Profesora Contratada Doctora/ Departamento de  
Economía Aplicada, Universidad de Granada

Imagina que vas al quiosco de tu barrio a comprar chuches. En una bolsa metes todas las gominolas que te apetecen. Además, ya puestos, le pides al quiosquero patatas fritas, gusanitos, nachos, palomitas y pipas. No te reprimes; total, llevas suficiente dinero en la cartera.

Sacas el sobre que te regalaron tus primos por tu cumpleaños. Después de soplar las velas te dijeron que cada uno había puesto un billete de veinte. Como tienes cinco primos, enseguida calculaste que en el sobre había cien euros, y te ilusionaste pensando en todas las cosas que podrías comprar con esa cantidad de dinero. Pero cuando vas a pagar, se te cae la cara de vergüenza: te das cuenta de que los billetes son del Monopoly...

Hace años, quizá no te habrías dado cuenta de la broma y habrías intentado pagar con ese dinero, pero ya tienes la edad suficiente como para saber que si quieres comprar en la economía real, necesitas billetes de curso legal. No comprendes muy bien el porqué, pero entiendes lo bastante como para saber que el quiosquero se puede tomar muy mal que pretendas pagarle con billetes del Monopoly.

Más valen cinco euros (de curso legal) en el bolsillo...

Llevo muchos años impartiendo la asignatura de Economía Política en la Universidad de Granada, y cuando me toca explicar el tema sobre El dinero y la política monetaria,

# THE CONVERSATION

siempre empiezo haciendo la siguiente pregunta a mis estudiantes: “Si alguien os diera a elegir entre un billete de quinientos del Monopoly o uno de cinco euros, ¿cuál preferiríais?”. A menos que en la clase haya algún friki del Monopoly –cosa que nunca me ha sucedido–, lo normal es que se decanten por la segunda opción.

La clave de ello está en el poder adquisitivo. Aunque nominalmente el billete de quinientos del Monopoly es más alto que el de cinco euros, solo este último nos permite comprar cosas en la vida real, ya que es una moneda de curso legal. A las personas nos interesa el dinero por su valor real, no por el nominal. Es decir, por su poder adquisitivo o capacidad de compra y no por su denominación: de nada me sirve un billete de quinientos con el que no puedo ir de compras.

Pagamos con dinero y lo aceptamos a cambio de algo (nuestro trabajo, por ejemplo) porque hay una convención social, respaldada por un marco legal que establece cuál es la moneda oficial de un país. En nuestro caso, el euro.

El dinero oficial que circula en la economía no funciona de la misma manera que lo hace en los juegos de mesa. Las instituciones encargadas de diseñar la política monetaria –que es la que tiene que ver con el dinero– no pueden imprimir billetes porque haga falta, y la razón es muy sencilla: si lo hicieran, perderían valor real. O dicho con otras palabras, se reduciría su poder adquisitivo.

## El fantasma de la inflación

Para entender por qué sucede esto, imagina una balanza. En uno de los lados está el producto agregado (el conjunto de bienes y servicios) que se genera en la economía, mientras que en el otro se encuentra el dinero que circula en la misma.

Para que dicho dinero conserve su valor real (su poder adquisitivo), la balanza debe estar en equilibrio.

¿Qué pasaría entonces si las autoridades monetarias se dedicaran a imprimir más billetes? La balanza ya no estaría en equilibrio: se inclinaría hacia abajo en el lado del dinero y hacia arriba en el del producto agregado. Esto significa que los bienes y servicios suben de precio y que el dinero pierde poder adquisitivo.

En la actualidad, el dinero que circula en la economía tiene una estrecha relación con los bienes y servicios que se producen en ella (aunque no siempre fue así: hubo un tiempo en que estaba ligado a las reservas de oro de los países). Por esta razón, imprimir más dinero no va a solucionar ningún problema, sino al revés, va a crear otro peor: la inflación, que es la subida generalizada y continua del nivel general de precios.

Lo explicaré con otro ejemplo: imagina ahora que vivimos en un país donde el presidente toma todas las decisiones de manera centralizada. Para contentar a la población no se le ocurre otra idea mejor que mandar al Banco Central imprimir más dinero y repartirlo a través de los ayuntamientos de cada ciudad y de cada pueblo. ¿Qué sucedería entonces? La mayoría de la gente se iría a gastarlo, lo que haría subir los precios de los bienes y servicios. En poco tiempo volveríamos a encontrarnos en la situación inicial.

Si el presidente decidiera imprimir y repartir más dinero cada vez que regresáramos al punto de partida, esa economía entraría en una espiral de subidas de precios que podría conducirla a uno de los problemas más temidos por los economistas: la hiperinflación.

# THE CONVERSATION

¿Y por qué es tan temible la hiperinflación? Pues porque los países que la han sufrido a lo largo de la historia –Alemania, Hungría, Argentina y Venezuela, entre otros– han tardado mucho en salir de esta situación tan perversa: los precios suben continuamente, hay una gran escasez de bienes y servicios, se extiende la incertidumbre entre consumidores y productores, que no saben muy bien cuándo ni a qué precios comprar y vender, etcétera, etcétera.

En conclusión, imprimir dinero no es la solución. Lo que hace falta es fomentar una economía sostenible, es decir, respetuosa con el medio ambiente y con los derechos de las personas.



Billete de 500 millones de marcos puesto en circulación en 1923, durante la hiperinflación alemana. Wikimedia Commons, CC BY



# ¿Por qué soñamos?

Mientras vivimos nuestras "películas" nocturnas, el cerebro está ocupado en tareas muy importantes: desde organizar recuerdos y fomentar la creatividad hasta ajustar nuestras emociones y prepararnos para desafíos futuros.

Pregunta de Anaís, de 14 años. IES Fuerte de Caniles, Granada

“Gabriela, despierta, voy a salir ya”, dijo su compañera de piso mientras la sacudía suavemente. Gabriela se levantó, aún algo adormilada, y decidió que, a pesar del cansancio, era hora de ponerse en marcha e ir a trabajar.

Al buscar las llaves del coche, se dio cuenta de que las había cogido su compañera. Sin perder tiempo, se dirigió al recibidor y rebuscó en el último cajón de la derecha, donde finalmente encontró las llaves de repuesto. Subió al coche decidida y comenzó a conducir por las calles de Granada.

Todo parecía normal hasta que algo la desconcertó: en medio de la carretera, como por arte de magia, estaba su juguete favorito de la infancia. “¿Quién lo habrá dejado ahí?”, pensó. Asombrada, se dio cuenta de algo extraño: no recordaba cómo había llegado desde el piso hasta la carretera. Entonces, un pensamiento la golpeó: “Pero si yo no sé conducir... Y lo más importante, ¿Gabriela? Mi nombre no es Gabriela, ¡me llamo Anaís y tengo 14 años!”.

## Autoría



### Miriam Bettinetti Luque

Investigadora predoctoral del Centro de Investigación Biomédica en Red en Enfermedades Neurodegenerativas (CIBERNED) y del Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA), Universidad de Málaga



### Cynthia Campos Moreno

Investigadora perteneciente al área de Biología Celular de la Universidad de Málaga, Universidad de Málaga



### David Baglietto Vargas

Investigador Distinguido Senior Beatriz Galindo Investigador del Centro de Investigación Biomédica en Red en Enfermedades Neurodegenerativas (CIBERNED) y del Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA), Universidad de Málaga



### Juana Andreo López

Investigadora FPI. Investigadora del Centro de Investigación Biomédica en Red en Enfermedades Neurodegenerativas (CIBERNED) y del Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA), Universidad de Málaga

Anaís acababa de salir del mundo de los sueños, donde, por un momento, creyó en todas y cada una de las mentiras que su cerebro le había contado. Pero ¿cómo es esto posible?

# THE CONVERSATION

## **Pero ¿cómo he entrado en esta película?**

Esa noche, mientras Anaís buscaba las llaves y conducía por las calles de Granada, su cerebro estaba en plena acción, llevando a cabo un proceso fascinante.

Durante el sueño, pasamos por diferentes etapas. Primero, nos relajamos y comenzamos a entrar en un sueño ligero. Luego, nuestro cuerpo pasa a una fase más profunda, que es cuando experimentamos las historias más vívidas. En este periodo, el cerebro se vuelve increíblemente activo, creando todo un mundo a partir de recuerdos, emociones y pensamientos.

Fue en este momento cuando Anaís, sin darse cuenta, comenzó a soñar que era otra persona y que estaba haciendo cosas que en realidad no se acercan, ni por asomo, a lo que es apto para su edad. Los sueños son el resultado de este proceso. Son como pequeñas películas que nuestro cerebro crea mientras dormimos, combinando experiencias y fantasías a veces de una manera un tanto absurda, pero que entonces nos parecen completamente reales.

## **¿Es el cerebro un director de cine?**

Cuando te sumerges en el mundo de los sueños, tu cerebro se convierte en un auténtico e implacable director de cine. No solo inventa la trama, sino que también diseña los escenarios, selecciona a los protagonistas y planea los efectos especiales de la película.

Pero tal vez lo más asombroso sea que logra convencernos de que todo lo que estamos experimentando es absolutamente real. ¿Por qué? La respuesta radica en cómo funciona nuestro cerebro durante el sueño y en cómo procesa la información en ese estado.

Durante el descanso, la parte cerebral encargada de la lógica y el pensamiento crítico reduce su actividad. Es como si el crítico de cine de nuestra mente se tomara un respiro, permitiendo que la historia se desarrolle libremente. Sin esta vigilancia, aceptamos cualquier cosa, incluso los giros más extraños en la trama.

Al mismo tiempo, otras áreas que manejan emociones y recuerdos están muy activas. Estas partes mezclan ambos ingredientes para crear escenas llenas de significado. Por eso, en los sueños podemos vivir emociones intensas y situaciones sorprendentes sin cuestionarlas.

## **Más allá de la pantalla: un cerebro muy atareado**

Mientras estamos inmersos en nuestras películas, el mundo situado más allá de la pantalla sigue funcionando. El cerebro está realizando tareas importantes: organiza y archiva recuerdos, ajusta nuestras emociones y hace un mantenimiento básico para preservar nuestro equilibrio mental.

En primer lugar, el sueño consolida la información que hemos aprendido. Esto significa que refuerza y organiza los recuerdos, ayudando a retener lo aprendido y mejorar la memoria. También fomenta la creatividad al combinar esas ideas y experiencias de manera nueva, lo que nos ayuda a resolver problemas y generar ideas frescas.

Además, el cerebro simula diferentes escenarios en nuestros sueños. Al practicar respuestas a situaciones difíciles, estamos mejor preparados para enfrentarnos a ellas cuando nos despertamos.

# THE CONVERSATION

Y, finalmente, el cerebro ajusta nuestras emociones, ayudando a mantener nuestro equilibrio emocional. Este ajuste es crucial para nuestro bienestar general, asegurando que estemos listos para afrontar el día siguiente.

En resumen, mientras disfrutamos de nuestras películas nocturnas, el equipo detrás de la pantalla está ocupado haciendo cosas importantes, desde organizar recuerdos y fomentar la creatividad hasta ajustar nuestras emociones y prepararnos para desafíos futuros.

Así que, la próxima vez que cierres los ojos y te sumerjas en un sueño, recuerda que tu cerebro está haciendo un gran esfuerzo detrás de escena para ayudarte a vivir de manera plena cuando despiertes.





Pregunta de  
Rubén, de 13 años.  
IES Alonso Cano  
(Granada)

# ¿Por qué podemos sentir cuando alguien nos está mirando fijamente?

Hablamos de un fenómeno llamado **escopaestesia**. En la mayoría de los casos, puede explicarse por la tendencia de nuestro cerebro a estar siempre atento a lo que ocurre en su entorno.

## Autoría



**Francisco José Esteban Ruiz**  
Profesor Titular de Biología Celular, Universidad de Jaén



**Sergio Iglesias Parro**  
Profesor Titular del Departamento de Psicología, Universidad de Jaén

Seguramente te ha pasado alguna vez: estás en clase o vas en el bus y, de repente, tienes esa extraña sensación de que alguien te mira. Te giras y descubres que no te equivocas, ¡alguien realmente lo está haciendo!

A este fenómeno se le conoce como escopaestesia y ha despertado mucha curiosidad en la neurociencia. Y aunque hay factores neurobiológicos y psicológicos que podrían estar implicados, no existen pruebas científicas sólidas que demuestren que realmente tengamos una habilidad especial para sentir las miradas.

## El debate científico

Rupert Sheldrake, un investigador británico, ha hecho varios experimentos para probar si realmente podemos sentir que nos observan. En sus estudios, las personas parecían acertar más de lo esperado cuando adivinaban si alguien las miraba, lo que le llevó a pensar que podría haber algo especial en esta habilidad.

Pero otros científicos, como David Marks y John Colwell, no están de acuerdo. Ellos creen que los resultados de Sheldrake podrían deberse a errores en la organización de sus experimentos.

# THE CONVERSATION

Concretamente, Marks y Colwell descubrieron que en esos ensayos se repetían ciertos patrones: es posible que los participantes se los aprendieran y acertaran más fácilmente cuando les preguntaban si estaban siendo observados.

## El cerebro siempre está alerta

En cualquier caso, uno de los factores que podría explicar esta sensación es que estamos diseñados para estar en constante vigilancia, incluso cuando no prestamos atención de manera consciente. Este sistema de alerta, denominado atención exógena, es la capacidad del cerebro para reaccionar automáticamente a estímulos repentinos o cambios en nuestro entorno. Con su ayuda detectamos lo que ocurre a nuestro alrededor, como los movimientos inesperados o los cambios en la luz.

La atención exógena ha sido crucial para la supervivencia de nuestra especie. Imagina que eres un humano primitivo en medio de un bosque. Si no fueras capaz de detectar rápidamente la mirada de un depredador o de otro ser humano, podrías estar en peligro.

Aunque hoy en día no tenemos que preocuparnos tanto por los depredadores, seguimos siendo muy buenos captando las pequeñas señales que se producen en el entorno, como el movimiento de los ojos de otra persona. Incluso si no lo notamos de manera consciente, esas señales pueden hacer que nuestro cerebro active la sensación de que nos están observando.

## El papel de la visión

La visión periférica –o sea, lo que vemos fuera del centro de nuestro campo de visión, como los objetos o movimientos que aparecen en los extremos de nuestra vista– es otro factor que podría explicar este fenómeno tan curioso que es la escopaestesia.

Aunque no es tan clara como la visión central, es excelente para detectar el movimiento y los cambios en el entorno, lo que significa que nuestro subconsciente podría detectar que alguien nos está mirando.

Dicho de otro modo: si alguien a nuestro alrededor está moviendo los ojos o girando su cabeza para mirarnos, nuestra visión periférica podría captar ese pequeño movimiento, aunque no seamos completamente conscientes de ello. Y a su vez, esto podría hacer que nuestro cerebro nos alerte de que alguien nos observa.

## Las neuronas espejo

El cerebro humano también tiene una increíble capacidad para entender las acciones y las emociones de otras personas. Esto es posible gracias a unos circuitos cerebrales en los que participan las neuronas espejo, que se activan cuando realizamos una acción o cuando vemos a alguien hacer lo mismo y, sin hablar con ella, entendemos lo que está haciendo. Estas neuronas están muy involucradas en la empatía y en la interpretación de las intenciones de los demás.

Podría ser que, en determinadas situaciones sociales, las neuronas espejo nos ayudaran a detectar si alguien nos está observando, ya que sirven para sentir o comprender las intenciones de otras personas de una manera casi automática.

Así, cuando alguien fija su mirada en nosotros, nuestro cerebro podría estar procesando esa información, incluso sin que lo sepamos de manera consciente.

## Somos el ombligo del mundo

A veces pensamos que todo el mundo está pendiente de lo que hacemos y si lo hacemos bien o mal. O somos tan egocéntricos que nos consideramos el ombligo del mundo. Este fenómeno se conoce como el efecto spotlight.



# THE CONVERSATION

Cuando estamos en situaciones nuevas o incómodas, tendemos a pensar que los demás se están fijando en nosotros más de lo que realmente lo hacen. Por ejemplo, si llegas tarde a clase, es probable que sientas que todos te están mirando, aunque la mayoría de tus compañeros ni se hayan dado cuenta de tu entrada.

## ¿Juega nuestra mente con nosotros?

Otra posible explicación psicológica es el sesgo de confirmación. Este fenómeno ocurre cuando buscamos, interpretamos o recordamos información que confirma lo que ya creemos. Es decir, que tendemos a creer lo que queremos creer.

Si piensas que alguien te está mirando, es probable que prestes más atención a cualquier pequeño movimiento o gesto que lo confirme. Además, si alguna vez has tenido la experiencia de sentir que alguien posaba su atención sobre ti y después has descubierto que era cierto, puedes haber condicionado tu cerebro a que tenga la misma sensación en situaciones similares. Y es aquí cuando nuestra mente nos juega una mala pasada, haciéndonos sentir que somos observados cuando en realidad no es así.

## La paranoia ya es algo más serio

En casos más extremos, la sensación de recibir miradas ajenas puede estar relacionada con una leve paranoia, especialmente en quienes sufren de ansiedad o se sienten inseguros en situaciones sociales. Estas personas pueden interpretar cualquier pequeño gesto como una señal de que están siendo juzgadas o vigiladas, lo que refuerza la sensación de ser observadas. Pero *tranqui*, que sentir que alguien te mira no necesariamente significa que estés paranoico. Por todo lo que hemos explicado antes, la escopaestesia es una experiencia común y, en la mayoría de los casos, simplemente ocurre porque nuestro cerebro está haciendo su trabajo de mantenernos atentos y en alerta.





# ¿Por qué lloramos cuando estamos tristes y también cuando estamos alegres?

Cuando vemos una película triste o nos dan una buenísima noticia, las lágrimas nos ayudan a procesar las emociones y comunicarles a los demás cómo nos sentimos.

Pregunta de  
Guize, de 12 años.  
IES La Oliva,  
Fuerteventura  
(Canarias)

¿Alguna vez has notado que, tanto en los momentos más tristes como en los más felices, las lágrimas humedecen tus ojos? Es curioso cómo nuestro cuerpo responde de la misma manera ante emociones tan diferentes. Vamos a descubrir juntos por qué ocurre esto y, de paso, entender un poco más sobre la naturaleza y función de las lágrimas.

## Solo para tus ojos

Las lágrimas son mucho más que agua salada. Producidas por las glándulas lagrimales, que se ubican justo encima de cada ojo, cumplen una función tan importante como la lubricación que

### Autoría



Álvaro Carmona  
Coordinador académico & docente, Universidad  
Loyola Andalucía

mantiene la superficie ocular húmeda, algo vital para que experimentemos una visión clara y cómoda.

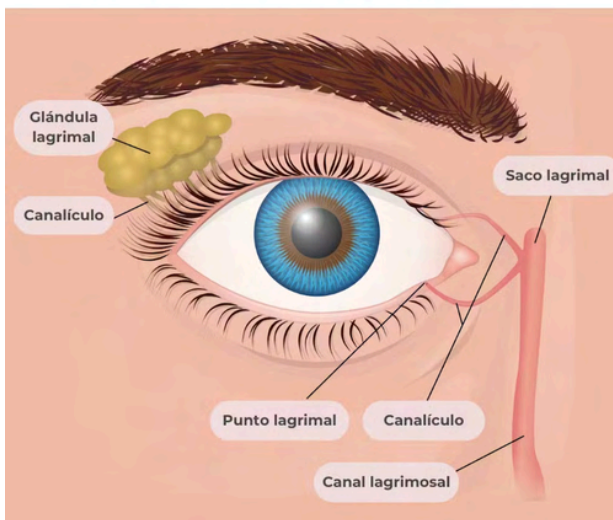
Y por si eso fuera poco, también eliminan partículas de polvo, suciedad y microorganismos que pueden dañarnos los ojos y proporcionan oxígeno y nutrientes a la córnea, la capa transparente frontal de nuestro órgano de visión.

# THE CONVERSATION

Aparentemente, todas parecen iguales, pero existen tres tipos principales:

- **Lágrimas basales:** Son las que producen constantemente nuestras glándulas para mantener los ojos lubricados y protegidos.
- **Lágrimas reflejas:** Se producen en respuesta a irritantes externos, como el humo, el viento o cuando cortamos cebolla. Su objetivo es eliminar esas sustancias molestas del ojo.
- **Lágrimas emocionales:** Son las que aparecen cuando experimentamos intensamente tristeza, alegría, miedo o incluso frustración. Aunque algunos animales también producen lágrimas para lubricar sus ojos, no está claro que las derramen cuando se emocionan.

## LAS GLÁNDULAS LAGRIMALES



### ¿Por qué lloramos al emocionarnos?

Llorar es una respuesta humana universal. Desde que somos bebés, usamos el llanto como una forma de comunicación. Pero ¿qué sucede en nuestro cuerpo que nos hace derramar lágrimas cuando sentimos emociones fuertes?

Al experimentar un sentimiento intenso, nuestro cerebro entra en acción. La amígdala, una pequeña estructura del cerebro encargada de procesar las emociones, envía señales al hipotálamo, que a su vez activa el sistema nervioso autónomo. Este sistema controla las respuestas involuntarias de nuestro cuerpo, como el ritmo cardíaco, la respiración y, por supuesto, la producción de lágrimas.

El resultado es que las glándulas lagrimales reciben la señal de generar lágrimas y comenzamos a llorar.

La tristeza es una emoción poderosa. Cuando nos sentimos tristes, nuestro cuerpo libera hormonas y neurotransmisores asociados al estrés, como el cortisol. Llorar puede ser una forma de liberar parte de ese estrés acumulado.

Algunos estudios sugieren que las lágrimas emocionales contienen niveles más altos de ciertas proteínas y hormonas relacionadas precisamente con el estrés. Con el llanto estamos eliminando físicamente estas sustancias de nuestro cuerpo, lo que puede ayudarnos a sentirnos mejor después. Y entonces, ¿por qué lloramos de felicidad? Parece contradictorio, ¿verdad? Cuando experimentamos una dicha abrumadora, como reencontrarnos con un ser querido o recibir una buenísima noticia, nuestro cuerpo también experimenta un torrente de emociones y cambios químicos. La intensidad del sentimiento, aunque positivo, puede ser tan fuerte que desencadene la misma respuesta física que la tristeza.

Llorar de alegría nos ayudaría entonces a gestionar y procesar sentimientos poderosos, evitando que nos sobrecarguen.

# THE CONVERSATION

## Comunicación sin palabras

Además de las funciones físicas, las lágrimas tienen un papel importante en la comunicación humana. Son una señal visible de que estamos experimentando una emoción intensa. Esto permite que las personas a nuestro alrededor entiendan cómo nos sentimos, incluso sin palabras.

También nos ayudan a fortalecer los vínculos con la gente que nos rodea: al mostrar vulnerabilidad a través del llanto, podemos acercarnos más a los demás. Nuestros congéneres suelen responder con empatía y apoyo, lo que fortalece las relaciones sociales.

Es esencial recordar que llorar es una respuesta natural y saludable. No hay nada de malo en mostrar nuestras emociones.

En resumidas cuentas, lloramos cuando estamos tristes y cuando estamos alegres porque nuestras lágrimas son una respuesta física a emociones intensas, sean negativas o positivas. Las lágrimas nos ayudan a procesar esas emociones, aliviar el estrés y comunicar cómo nos sentimos a los demás.

Cuando sientas que las lágrimas asoman en tus ojos, ya sea por una película triste o porque has recibido una gran noticia, recuerda que es una parte natural y saludable de ser humano. Es una forma en que nuestro cuerpo y mente trabajan juntos para mantenernos equilibrados y conectados con quienes nos rodean.



Con el llanto expresamos a los demás que lo estamos pasando mal. fizkes/Shutterstock



# La DANA, explicada a niños y adolescentes

¿Por qué llovió tanto y tan repentinamente en Valencia, y por qué esta cantidad de agua ha provocado riadas tan devastadoras? La tragedia explicada a los más jóvenes.

Autoría



**Julio Ballesta Claver**

Profesor Titular de didáctica de las ciencias experimentales, Universidad de Granada

Lo ocurrido el 29 de octubre en Valencia, desgraciadamente real, puede recordarnos a este párrafo de la novela de aventuras clásica La isla misteriosa, de Julio Verne:

*“Un fuerte viento del nordeste hizo que (...) la temperatura descendiera notablemente durante ocho días, ocasionando ciudades devastadas, lugares arrasados por trombas de agua que caían como aludes, bosques asolados, barcos arrojados a las costas...”*

Es la descripción de los destrozos producidos por una DANA, palabra resultante de la expresión Depresión Aislada a Niveles Altos. ¿Y qué es? Veámoslo más detenidamente.

## ¿Qué es una DANA?

• **Depresión:** El aire caliente asciende desde la superficie de la Tierra a unos 12 km porque tiene mucho movimiento. Este aire está hecho de muchas partículas, como moléculas de oxígeno ( $O_2$ ), nitrógeno ( $N_2$ ) en mayor cantidad y de vapor de agua ( $H_2O$ ), entre otras. Por tanto, cuando estas partículas se mueven y ascienden se genera más espacio entre ellas. Eso hace que se enfríe el ambiente, disminuyendo su roce, al igual que ocurre cuando separamos nuestras manos cuando se están frotando.

Este enfriamiento hace que el agua que asciende pase de gas a líquido (se licúa), formando nubes. Podemos comprobarlo con un simple experimento: con la boca abierta, echemos el aliento sobre tu mano.

# THE CONVERSATION

Efectivamente, al soplar expandimos el aire (lo separamos) y la temperatura desciende. Cuando las partículas están muy cerca, como al inflar un globo, éstas ejercen mucho empuje o altas presiones (mucho roce). Al hacer que el aire salga del globo, las partículas se separan muy rápido, disminuyendo el roce entre ellas y los choques, generando zonas de bajas presiones (poco empuje), es decir, una depresión.

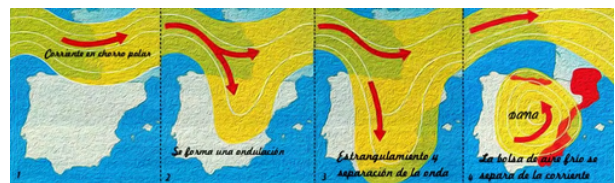
En la atmósfera, al subir el aire, ocurre algo especial: el espacio que se genera hace que el aire se pueda mover mucho, como en una discoteca con la pista de baile prácticamente vacía. Ello provoca vientos fuertes. Por eso, a las zonas de bajas presiones se les llama también borrascas y se indica con una B en los mapas del tiempo.

- **Aislada:** la bolsa de aire frío se ha salido de la corriente general de aire, quedándose “atrapada” durante un tiempo prolongado en alguna región, causando inestabilidad y fenómenos atmosféricos severos.

- **Niveles Altos:** se forma en niveles altos de la atmósfera, a unos 11-12 km de altura desde la superficie.

Esta bolsa de aire frío e intenso que asciende se ha originado al desprenderse de la corriente de chorro polar, una corriente que se encuentra por encima de España. Esto hace que se quede “aislada” sobre una región específica. Si nos fijamos en la imagen vemos cómo una parte del aire de ese chorro se desprende, generando esa bolsa o círculo de aire, o más concretamente, una Depresión Aislada en Niveles Altos de la atmósfera (12 km): una DANA.

Esta masa de aire frío actúa como una chimenea ascendente bestial, arrastrando mucho vapor de agua. Si estamos en una estación del año en la que el mar Mediterráneo está a una temperatura bastante templada, como ocurre en la estación de otoño, esa evaporación es masiva. Este vapor forma muchas nubes por enfriamiento extremo, provocando lluvias intensas y masivas en zonas cercanas al mediterráneo (Andalucía, Valencia o Cataluña); hasta este momento (pues la DANA sigue activa) ha sido la provincia de Valencia la más afectada.



## ¿Por qué ha causado tanto daños, destrozos y pérdidas humanas?

El concepto de cantidad de movimiento nos da la respuesta. La física dice que algo que tiene mucha masa (muchas partículas o átomos) es difícil de detener o de movilizar. Este concepto se denomina inercia. Todos sabemos que un camión (mucho masa) es más difícil de mover que un patinete y por eso se dice que el camión tiene mucha inercia.

Además, la velocidad de un objeto también influye: una bala parada no hace daño, pero, si se mueve, mejor no estar ahí. Por tanto, cuanto más masa y más velocidad tenga un objeto, mayor impacto, siendo muy difícil de detener. A esto se le denomina cantidad de movimiento: la cantidad de masa y velocidad que tiene un objeto.

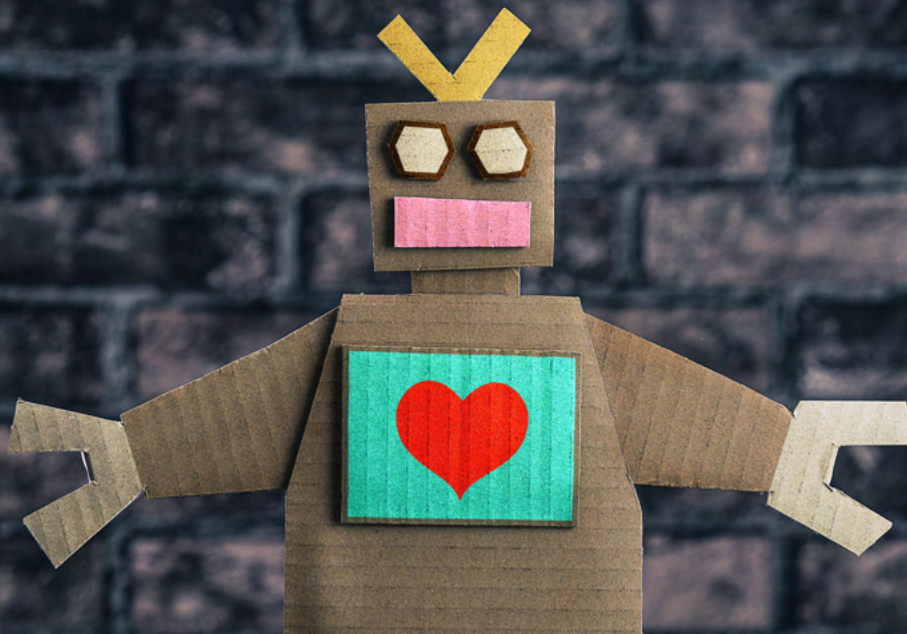
# THE CONVERSATION

La DANA hace que caigan lluvias torrenciales. Esta lluvia tiene mucha cantidad de agua (mucha masa) generando riadas, esto es, una rápida acumulación de agua que resulta difícil de eliminar por los sistemas habituales de alcantarillado, acumulándose en calles y ríos. Esto hace que se forme una capa superficial de agua con mucha movilidad (velocidad), al no encontrar obstáculos (el pavimento y la vegetación se encuentran en el fondo), al igual que ocurre con las olas en un mar. Como resultado tiene tal cantidad de movimiento que es capaz de arrastrar postes, escombros... ¡e incluso coches! Esto hace aumentar mucho su masa. Además, en las calles inclinadas, se incrementa muchísimo más su velocidad, consiguiendo con ello derribar vallas, construcciones, paredes, etc.

Por otro lado, estas riadas también pueden ocurrir en sitios en donde no esté lloviendo. Se debe a que la riada puede transportarse y llegar a ríos de las poblaciones cercanas por la gran cantidad de movimiento que tiene, derribando todo a su paso, generando el mismo problema. Esto es lo que está pasando y por eso es tan importante ofrecer toda la ayuda posible.

Saber por qué ocurren estos fenómenos nos permitirá actuar y prevenir posibles desastres, encontrando en la ciencia las claves para actuar frente a las inclemencias de la naturaleza.





# ¿Llegará un día en que la inteligencia artificial experimente emociones?

Aún estamos lejos de poder crear una máquina capaz de sentir, algo que es innato e involuntario para nosotros. Y si lo consiguiéramos, ¿para qué serviría?

Pregunta de Aliseda, de 16 años. Centro Virgen Milagrosa (Sevilla)

Autoría



María I. Cobos  
Postdoctoral researcher, Universidad de Granada

La inteligencia artificial (IA) está transformando nuestras vidas. Ya es capaz, por ejemplo, de detectar tumores en mamografías que son invisibles al ojo humano o predecir la muerte con cuatro años de antelación. Pero ¿podrán los robots con IA parecerse a los seres vivos algún día?

Pues si aspiran a conseguirlo, y entre muchas otras características, tendrían que experimentar emociones, algo que es innato e involuntario para nosotros.

## Cara a cara con el oso

Todo el mundo sabe lo que son las emociones, pero sobre todo sabemos clasificarlas: alegría, miedo, tristeza, sorpresa, ira o asco.

Imagina que paseas plácidamente por un bosque. De repente, se para frente a ti un oso.



# THE CONVERSATION

En cuestión de segundos, sudas, tiemblas y sientes que tu corazón casi se te sale del pecho. Piensas si la mejor opción es quedarte lo más quieto o quieta posible o, por el contrario, correr hacia un lugar seguro. Estas reacciones de “lucha o huida” están estrechamente relacionadas con la emoción del miedo.

Para que cualquier emoción se manifieste, deben cumplirse tres requisitos: interpretar o evaluar la situación, que se produzca una respuesta del cuerpo y llevar a cabo una conducta o comportamiento.

## La conexión cuerpo-cerebro

Volvamos al momento en el que te encuentras frente al oso. El miedo invade tu mente y, en ese instante, tu cerebro y tus órganos trabajan juntos a toda máquina para ajustar su funcionamiento (se llama “alostasis”).

Esta comunicación se realiza a través de unas vías de mensajería que son el nervio vago y el sistema nervioso autónomo. También desempeña un papel importante un “subcircuito” en el cerebro ubicado entre la corteza prefrontal (responsable de la planificación y toma de decisiones) y la amígdala (procesamiento de emociones y respuestas fisiológicas).

¿Y cómo unimos toda esta información ante la emoción del miedo?

Supongamos que decides permanecer inmóvil frente a la amenaza. En los primeros instantes, la corteza prefrontal reduce su comunicación con la amígdala, que a su vez le indica al corazón que ralentice su ritmo. Esto permite al cerebro tener mayor riego sanguíneo para evaluar la situación.

Tras unos instantes, te alejas lentamente del oso. Sin embargo, al escuchar su gruñido, decides correr hacia un lugar seguro. En ese momento, tu corteza prefrontal aumenta la comunicación con la amígdala, lo que acelera el corazón y distribuye la sangre (junto con hormonas como la adrenalina) a los músculos de las piernas, permitiéndote huir.

Sin emociones no sobreviviríamos. Aunque las emociones son involuntarias, hay situaciones en las que podemos “disfrazarlas”. ¿Quién no ha fingido no tener miedo durante una exposición en clase? Si ensayas el contenido varias veces y practicas tus gestos frente al espejo, nadie notará ese pánico a hablar en público. ¡La presentación fue todo un éxito y parecía que controlabas la situación!

Sin embargo, en el interior sentías tu corazón palpitando a toda velocidad, mientras que las manos te sudaban más de lo normal. A pesar de intentar ocultar tus emociones, algunas reacciones son imposibles de disimular. Pero ¿por qué son tan importantes si no siempre podemos controlarlas? Esa naturaleza involuntaria tiene un propósito evolutivo: el instinto de supervivencia. Gracias a las emociones y las respuestas que se producen entre nuestro cerebro y nuestro organismo, conseguimos sobrevivir a los peligros.

Imagina que no te asustas mientras se aproxima un oso o no sientes asco al comer algo en mal estado. ¿Y qué sería de nuestras interacciones sociales sin mostrar alegría cuando nos relacionamos con otras personas?

# THE CONVERSATION

## Lo que la IA sí puede hacer

Mientras que las emociones humanas son respuestas innatas y complejas, la IA tiene un enfoque completamente diferente basado en el reconocimiento de patrones. Identificar estas pautas requiere adquirir una “experiencia previa”, que en su caso se trata de una base de datos.

Por ejemplo, si una IA tuviera que aprender a reconocer el miedo, se le podría incorporar una base de datos con la expresión facial de miedo o para que reconozca patrones en los latidos del corazón. De esta forma, si una persona tiene cara de susto o un patrón cardíaco asociado a esa emoción, la IA sería capaz de reconocer y clasificarlo correctamente. Y, en segundo lugar, también podría aprender cómo comportarse ante una situación de miedo (quedarse quieto ante la presencia de un oso).

Sin duda, la IA es capaz de aprender a identificar las emociones y cómo reaccionar ante ellas. Sin embargo, sentirlas requiere más que detectar uno o varios patrones. Necesita un organismo vivo en el que se produzca una comunicación entre sus órganos (piezas del robot) y su cerebro (hardware). Precisa de una interpretación subjetiva y cambiante del entorno para poder evaluar la situación y tomar una decisión. Y, por supuesto, requiere de un instinto de supervivencia.

## ¿Podremos dotar a los robots de emociones reales?

En la actualidad, las máquinas no pueden cumplir todos los requisitos necesarios para sentir emociones. Incluso en la fase de reconocimiento y reacción, no pueden aprender por sí solas. Siempre necesitan de la intervención humana para poder adquirir una “experiencia previa” (base de datos) sobre las emociones.

Y, por supuesto, carecen de un organismo vivo que emita respuestas fisiológicas como hacemos nosotros gracias a la comunicación entre el cerebro y el organismo. Aunque esto podría solventarlo una tecnología llamada “neuro-robótica”, que ha conseguido que un robot emita y aprenda respuestas motoras de manera autónoma con ayuda de la simulación de una pequeña parte de nuestro cerebro: el cerebelo.

Además, los expertos en una rama de la ciencia llamada biotecnología han creado “órganos sintéticos”, que se desarrollan de una forma muy parecida a como lo hacen los órganos de cualquier ser vivo. La diferencia es que no interactúan con el entorno, aspecto importante para desarrollar una experiencia previa. Si se lograra combinar estos órganos sintéticos con la IA, ¿quién sabe si los futuros robots podrían sentir miedo, asco o alegría?

En resumen: aunque la IA puede reconocer y reaccionar ante emociones, aún estamos lejos de crear una máquina capaz de sentir. Quizás, las preguntas más importantes que surgen aquí son: ¿deberíamos intentar que las máquinas sientan? ¿Qué problemas éticos surgirían si lo consiguiéramos? ¿Para qué serviría?

Las emociones no son solo respuestas automáticas, sino que también implican experiencias subjetivas y cambiantes en respuesta al entorno, además de una estrecha relación con la biología del ser vivo. Así que, de momento, parece aún lejano el día en que un robot pueda asustarse si tiene un fatal encuentro con un oso.



**Pregunta  
formulada por la  
clase de 2º de la  
ESO del IES Vega  
de San Mateo  
(Las Palmas)**

# ¿Qué se siente y se piensa justo en el momento de morir?

La ciencia está empezando a desvelar qué ocurre en el cerebro durante los momentos finales de la vida.

Autoría



**Francisco José Esteban Ruiz**  
Profesor Titular de Biología Celular, Universidad de Jaén

El momento de la muerte ha sido siempre un misterio. Aunque no podemos conocer con exactitud qué ocurre en ese instante, la ciencia ha comenzado a desvelar algunos detalles sobre lo que sucede en nuestro cerebro durante los últimos momentos de vida.

## Actividad cerebral

Al contrario de lo que se pensaba, el cerebro no se apaga de inmediato cuando el corazón deja de latir. Allá por 2013, un estudio realizado con ratas de laboratorio mostró que sus cerebros experimentaban un aumento de actividad tras sufrir un paro cardíaco.

Más recientemente, un grupo de científicos ha registrado la actividad cerebral de una persona en el momento de morir.

Observaron que en los 30 segundos posteriores al último latido del corazón se producía un aumento de cierto tipo de ondas cerebrales llamadas oscilaciones gamma. Las ondas gamma están asociadas a funciones cognitivas sofisticadas como soñar, meditar, concentrarse, recuperar recuerdos y procesar información. Los resultados que obtuvieron sugieren que nuestro cerebro podría permanecer activo y coordinado en la transición a la muerte.

## Experiencias cercanas a la muerte

Muchas personas que han estado al borde de la muerte y han sido reanimadas aseguran haber experimentado vivencias similares, lo que se conoce como “experiencias cercanas a la muerte” (ECM). Un estudio reciente encontró que hasta un 20 % de quienes sobreviven a un paro cardíaco experimentan algún tipo de ECM.

# THE CONVERSATION

Entre las [ECM más comunes](#) se encuentran la sensación de separarse del cuerpo físico, ver una luz brillante al final de un túnel, sentimientos de paz y tranquilidad, encuentros con seres queridos fallecidos y la revisión de momentos importantes de la vida.

Los científicos creen que estas vivencias podrían ser producto de la actividad cerebral en los momentos finales: la falta de oxígeno y los cambios químicos en el cerebro podrían explicar muchas de ellas. Los hallazgos sobre la actividad de las ondas gamma en el cerebro justo antes de la muerte podrían ser clave para entender las ECM. Las oscilaciones gamma, vinculadas a la conciencia y la recuperación de recuerdos, podrían estar involucradas en la generación de las sensaciones que tuvieron los supervivientes a un paro cardíaco, como el repaso de momentos importantes de la vida o la percepción de paz y tranquilidad.

Esto sugiere que las ECM no son solo fenómenos subjetivos, sino que podrían explicarse por lo que ocurre biológicamente en nuestro cerebro en esos precisos momentos.

## La corteza somatosensorial

Para averiguarlo, [un estudio](#) llevado a cabo en la Universidad de Míchigan (EE. UU.) registró la actividad cerebral de cuatro pacientes en el momento de su muerte. Detectaron que en dos de ellos, justo después de retirarles el soporte vital, aumentó el número de latidos del corazón por minuto y se incrementó la actividad de las ondas gamma en una zona específica del cerebro: la corteza somatosensorial.

Esta área, llamada “zona caliente de los correlatos neuronales de la conciencia”, se encuentra en el inicio de la parte posterior del cerebro y se ha relacionado

con los sueños, las alucinaciones visuales y los estados alterados de conciencia. Los hallazgos sugieren que el cerebro podría estar reproduciendo un último “recuerdo de la vida” justo antes de fallecer. O sea, algo similar a lo que cuentan quienes viven experiencias cercanas a la muerte.

## ¿Sentimos dolor al morir?

Según los expertos, es poco probable que sintamos dolor en el momento de morir. Esto se debe a varios factores fisiológicos y neurológicos que ocurren en las etapas finales de la vida. Las investigaciones lo ratifican. Específicamente, [un estudio](#) que, aunque no aborda directamente el proceso de la muerte, ofrece información sobre cómo el sistema nervioso procesa el dolor y cómo ciertos cambios fisiológicos pueden alterar esta experiencia.

En primer lugar, nuestro cerebro libera sustancias químicas que nos ayudan a sentirnos en paz. Entre ellas se encuentran la noradrenalina y la serotonina, moléculas son hormonas y neurotransmisores. Cuando son liberadas por el cerebro pueden evocar emociones positivas y alucinaciones, reducir la percepción del dolor y promover la sensación de calma y tranquilidad.

Además, cuando se acerca la muerte, las personas suelen ser muy poco sensibles. Esto se debe a que el cuerpo comienza a apagarse gradualmente y, con ello, la capacidad de sentir dolor disminuye. [Los sentidos se van perdiendo](#), y parece ser que en un orden específico: primero el hambre y la sed, y a continuación, el habla y la visión. El tacto y [la audición](#) son los últimos en desaparecer, lo que podría explicar por qué muchas personas pueden escuchar y sentir a sus seres queridos en sus momentos finales, incluso cuando parecen estar inconscientes.

# THE CONVERSATION


## Morir con dignidad

Más allá del interés científico, estos descubrimientos tienen importantes implicaciones éticas y médicas. Comprender mejor qué ocurre en el cerebro en los últimos momentos de la vida podría ayudar a mejorar los cuidados paliativos, asegurando que el proceso sea más tranquilo y digno. Además, los hallazgos que hemos presentado plantean preguntas fundamentales sobre cómo definir el momento exacto de la muerte, un tema crucial en decisiones relacionadas con el soporte vital y la donación de órganos.

Todos estos estudios, aunque preliminares, ofrecen una interesante perspectiva sobre lo que podemos sentir al final de la vida y nos recuerda la asombrosa capacidad del cerebro humano. Aún queda mucho por descubrir.

Quizás la lección más importante que podemos aprender es la de valorar cada momento, ya que nunca sabemos cuándo nos llegará la hora de irnos. Y tal vez, justo ahí, nos regalemos un viaje a través de nuestros recuerdos.





# ¿Cuánto tiempo duró la extinción de los dinosaurios?

Todo apunta a que ocurrió muy rápido, cuando un meteorito descomunal impactó en la Tierra hace 66 millones de años, desatando una catástrofe apocalíptica. Pero no todos los dinosaurios se extinguieron... De hecho, algunos siguen entre nosotros.

Pregunta planteada por Raquel, de 13 años. IES Virgen del Carmen. Adra (Almería)

El final de los dinosaurios aconteció súbitamente, cuando sus vidas fueron interrumpidas por la visión de una gran bola de fuego que caía sobre la Tierra, y que desató un apocalipsis del que los reyes del Mesozoico no pudieron escapar. Ni la poderosa mordida del Tyrannosaurus rex ni el enorme tamaño del saurópodo Alamosaurus sanjuanensis (26 metros y 20 toneladas) pudieron salvar a estas especies de la catástrofe que se cernía sobre ellas.

La teoría mayoritariamente aceptada para la extinción del límite Cretácico-Paleógeno, también conocido como límite K/T (de Cretácico y Terciario), es el impacto de un meteorito de unos 10 kilómetros de diámetro que golpeó la Tierra hace unos 66 millones de años.

## Autoría



**Matias Reolid Pérez**  
Profesor Titular del Área de Estratigrafía,  
Departamento de Geología, Universidad de Jaén

## Un accidente cósmico

La roca espacial (un cometa o un asteroide) alcanzó nuestro planeta a una velocidad de varias decenas de kilómetros por segundo, con una capacidad destructiva equivalente a cien millones de bombas de hidrógeno. Chocó en una zona marina poco profunda que actualmente corresponde al golfo de México y la península de Yucatán, en México. Es el llamado cráter de Chicxulub.

# THE CONVERSATION

A consecuencia de ese “accidente cósmico” se extinguieron más de la mitad de las especies. Entre los grupos de organismos que se esfumaron había dinosaurios, reptiles marinos, ammonites (moluscos cefalópodos con una gran concha externa), plantas e incluso microorganismos.

No obstante, no fue la peor en la historia de la Tierra: por ejemplo, la extinción del final del Pérmico, hace unos 252 millones de años, eliminó nada menos que al 90 % de las especies.

De cualquier forma, los dinosaurios constituyen un caso particular. Aunque su desaparición se asocia al límite K/T, en los últimos 10 millones de años del Cretácico el número de especies ya había disminuido significativamente debido a un enfriamiento global de unos 7° C. Además, no se puede considerar que se extinguieran totalmente, ya que las aves son descendientes de un grupo de dinosaurios terópodos. Por lo tanto, la respuesta objetiva a la pregunta del titular es que los dinosaurios no se fueron del todo. Siguen entre nosotros.

## Crónica de una catástrofe

El meteorito debió atravesar la atmósfera en un par de segundos y produjo una compresión del aire a su paso que generó una explosión sónica de dimensiones inimaginables. El aire en torno a aquella roca espacial debió calentarse a temperaturas cuatro veces superiores a la del Sol.

El impacto produjo una onda de choque que comprimió la roca de la superficie terrestre y del propio meteorito con tanta intensidad que la posterior descompresión dio lugar a una fusión y la volatilización de ceniza y vapor.

Según Walter Álvarez, profesor de Geología de la Universidad de Berkeley (California), probablemente se produjo una bola de fuego de roca vaporizada

que salió expulsada debido a su propia presión y calor. Debió sobrepasar incluso el límite superior de la atmósfera, antes de caer nuevamente sobre la Tierra, cubriéndola de gran cantidad de partículas.

Se calcula que el agujero formado en el momento de la colisión tendría unos 40 km de profundidad, pero inmediatamente se desplomó y dio lugar a un cráter más amplio y menos profundo, de unos 175 km de diámetro. El impacto alcanzó una zona donde existían rocas calizas con casi tres kilómetros de espesor. Estas, sometidas a las elevadas temperaturas del choque, liberaron a la atmósfera cantidades desorbitadas de CO<sub>2</sub> con tanta energía que debió arrastrar gran cantidad de fragmentos de roca.

## Fuego, polvo y oscuridad

La destrucción de todos los organismos vivos fue absoluta en un radio de unos cuantos cientos de kilómetros. En zonas más distantes, a miles de kilómetros, los animales pudieron ver un enorme destello seguido de una onda de choque de aire comprimido, avanzando a increíble velocidad.

A continuación, llegaría una nube de fuego y polvo a altísimas temperaturas que carbonizó prácticamente todo, mientras que la superficie terrestre propagaba un terremoto de dimensiones apocalípticas, con ondas de gran energía y duración.

De la atmósfera caía una lluvia de fragmentos de roca y trozos fundidos que propagaron el calor en forma de radiación infrarroja. La combustión de las masas forestales oscureció el cielo con humo, cenizas y hollín, a la vez que se consumía el oxígeno atmosférico.

# THE CONVERSATION

Olas de un kilómetro de altura  
El tsunami ocasionado por el gran impacto probablemente formó olas de hasta un kilómetro de altura que avanzaron por lo que hoy es Estados Unidos varios miles de kilómetros tierra adentro. Se han encontrado enormes canales excavados en el fondo del golfo de México y sedimentos arrastrados por olas gigantescas en los que se mezclan fragmentos de roca fundida expulsados por la explosión.

A otras zonas más alejadas, situadas en otros continentes, llegaron menos partículas de las expulsadas a la atmósfera por la explosión, y la incidencia de los incendios debió ser menor que en Norteamérica. No obstante, esas regiones fueron alcanzadas por otros eventos letales que explican que la extinción masiva fuera de escala global  
Al cabo de unas semanas o meses del impacto, los incendios habrían remitido, los vientos huracanados habrían amainado y los tsunamis habrían perdido fuerza, pero la atmósfera y la superficie terrestre se estaban enfriando gracias al polvo, ceniza y hollín que caían lentamente e impedían el paso de la luz del Sol.

La intensa oscuridad duró unos meses, destruyendo la productividad de la fotosíntesis que sustenta las cadenas de alimentación a través de herbívoros y depredadores.

## Llega la lluvia ácida

Cuando volvió la luz, el clima se volvió excesivamente cálido debido a la gran cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera durante el impacto, la calcinación de los carbonatos sobre los que cayó el meteorito y los numerosos incendios. El calor extremo duró cientos de años, hasta que los niveles de CO<sub>2</sub> disminuyeron.



Recreación del impacto que creó el cráter de Chicxulub. NASA

Otro de los efectos a nivel atmosférico fue la lluvia ácida y el envenenamiento de las aguas por metales pesados. El calentamiento producido durante el impacto aumentó tanto la temperatura de las partes bajas de la atmósfera que las moléculas de nitrógeno atmosférico (N<sub>2</sub>) se descompusieron y reaccionaron con el oxígeno formando óxido nitroso (NO) que, combinado con el vapor de agua, dio lugar al ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>). Esta lluvia ácida dañó la vegetación y reaccionó con las rocas, envenenando las aguas continentales.

La desaparición repentina de la mitad de los géneros de plantas y animales marcó el final de la Era Mesozoica. No se conoce bien por qué determinados grupos de organismos sobrevivieron. Obviamente, los dinosaurios de gran tamaño, que necesitan grandes cantidades de alimento, no se encontraban entre los que tenían más posibilidades. Sin embargo, también se extinguieron algunos géneros de dinosaurio del tamaño de una gallina, y salieron adelante otros reptiles, como los cocodrilos.

En cualquier caso, los supervivientes encontraron un mundo diferente lleno de posibilidades que favoreció la diversificación y adaptación a las nuevas condiciones, y de este modo la aparición de nuevas especies, lo que se denomina una radiación evolutiva. Los mamíferos y las aves que sobrevivieron se encuentran entre los grupos que mejor se adaptaron a esta nueva era.





Pregunta de Francisco,  
de 15 años. Colegio  
Cristo Rey (Jaén)

## ¿Por qué nuestros brazos o piernas no vuelven a crecer como la cola de las lagartijas?

La evolución nos privó de este "superpoder" de regeneración, pero los investigadores tratan de averiguar la manera de reactivarlo.

Probablemente muchos de nosotros hemos protagonizado esa experiencia infantil, entre curiosa y morbosa, de cortarles las colas a las lagartijas. Presenciar cómo se mueve el apéndice amputado es algo fascinante para un niño. No obstante, más increíble aún nos resultaba saber que la lagartija era capaz de regenerar el miembro perdido y volver a lucir, con el tiempo, un renacido extremo caudal.

Tras la asimilación de la información, la mente inquieta del niño que fuimos formulaba una pregunta obligada: ¿por qué nosotros no podemos obrar ese "milagro" que hacen las lagartijas?

### Autoría



A. Victoria de Andrés Fernández  
Profesora Titular en el Departamento de Biología  
Animal, Universidad de Málaga

### ¿Cómo lo consiguen las lagartijas?

La regeneración consiste en la restauración de una parte corporal perdida, aunque el término es muy amplio y muy complejo. Por una parte puede estar referido a células, a tejidos, a órganos o a toda una estructura corporal completa. Por otra, se puede dar por mecanismos muy diferentes (sin explicarlos aquí en detalle, serían la epimorfosis, la morfálaxis, la regeneración mediada por células madre o el crecimiento compensatorio).

# THE CONVERSATION

En el caso concreto de la cola de la lagartija, lo que ocurre es que las células de la epidermis (la capa superficial de la piel) más próximas a la herida se mueven hacia ella y la rodean, formando lo que se llama un “capuchón”. Estas células empiezan a multiplicarse y a crear bajo su superficie una especie de cojín celular, con la apariencia externa de un muñón, llamado blastema.

Pero ocurre un fenómeno de lo más curioso: las células del blastema no son como las epiteliales de las que proceden, sino que son células indiferenciadas que se parecen a las células de los embriones. De hecho, se comportan como las de los embriones y van a tener la fascinante capacidad de diferenciarse para dar lugar a células especializadas que formarán piel, músculos, tejido conjuntivo o vasos sanguíneos, configurando una nueva cola.

Resumiendo, de células diferenciadas (las de la epidermis de la piel) pasamos a células desdiferenciadas (las del blastema) que se multiplicarán para volver a diferenciarse otra vez.

En otras palabras, por un momento y en una zona de su cuerpo, la lagartija deja de ser adulta para comportarse como un embrión. De esta asombrosa manera, vuelve a formar la estructura perdida, aunque no sea exactamente igual a la anterior porque (y aun no sabemos la causa) el hueso no se regenera (se forma una cola sin vértebras).

## ¿Por qué los humanos no podemos hacerlo?

Cuando las personas tenemos la desgracia de tener un accidente que nos seccione un dedo (o lo que es peor, un brazo o una pierna), no sufrimos un proceso de regeneración sino uno de reparación. La diferencia es patente: la biomasa final generada es, simplemente, una cicatriz (es decir, tejido fibroso).

Hemos sustituido el mecanismo de “copiar” la estructura perdida por, simplemente, el de sellar con rapidez la herida.

Y ¿por qué? Pues porque el crecimiento del blastema está limitado por la actividad del sistema inmune. Nuestro sistema inmunitario no solo ataca a bacterias, hongos y virus, sino también interactúa con nuestras propias células indiferenciadas y con los antígenos (las sustancias activadoras de nuestras defensas) que éstas producen.

## Los renacuajos se “autodevoran” la cola

¿Y qué hace que actúe así nuestro sistema inmune? Como tantas otras cosas referentes al funcionamiento de nuestro cuerpo, mucha información la podemos encontrar investigando en nuestra propia historia evolutiva.

Observemos qué ocurre con los anfibios y con el curioso caso de las ranas. Sabemos que estos animales sufren un proceso llamado metamorfosis por el cual su anatomía, fisiología, hábitat, alimentación y comportamiento cambian drásticamente a lo largo de su ciclo vital.



Pues bien, los renacuajos tienen cola porque, en esta fase de su vida, parte de sus células están en un estado “similar” al de larva. Sin embargo, y conforme va madurando su sistema inmunológico, un tipo de células inmunitarias llamadas macrófagos van “destruyendo” estos particulares tejidos. De esta manera, se “autodevoran” la cola cuando están sufriendo la metamorfosis y transformándose en ranas. Y lo que es más importante, cuando alcanzan esta etapa adulta, las ranas ya no tienen la capacidad de regeneración que tenían en su fase renacuajo. La han perdido.

# THE CONVERSATION

## Una capacidad silenciada

Por otra parte, parece ser que los grupos animales que derivamos de los anfibios (los reptiles y, a partir de ellos, las aves y nosotros, los mamíferos) heredamos esa capacidad de regeneración pero, de alguna forma, se queda “amordazada” por la particular forma de proliferar de los nuevos tejidos y por la actividad del sistema inmunitario. Por eso no podemos formar de nuevo nuestras extremidades. Cuando sufrimos una amputación, no regeneramos la estructura: tan solo reparamos la morfología cicatrizando la herida.

Curiosamente, las lagartijas quedan dentro de los reptiles como un “grupo raro” que opta por una modalidad de actuación u otra dependiendo de dónde tenga lugar la lesión. Si pierden una pata, la cicatrizan. Si lo que pierden es la cola, la regeneran. Es como si el blastema de la cola de las lagartijas se escapara, de alguna manera, de la acción del sistema inmune (aunque hay autores que dudan que sea una verdadera regeneración puesto que la cola no es idéntica a la original).

Las investigaciones actuales se centran en el estudio de genes y patrones de distribución de proteínas que parecen estar implicados en la regulación de este proceso y que, de alguna forma, se expresan de diferente forma en distintas partes del cuerpo de un mismo individuo. Estos estudios podrían arrojar alguna luz para ver si, en un futuro, habría posibilidad de actuar sobre esas moléculas y recuperar esa capacidad de regeneración que perdimos evolutivamente.

Sería realmente fantástico que las emocionantes palabras del poema de Miguel Hernández (“que nuevos brazos y nuevas piernas crezcan en la carne talada”) dejaran de ser un sueño para transformarse en una realidad biotecnológica.





# ¿Son todos los virus dañinos?

Hay muchísimos más virus que estrellas en el universo, pero la mayoría de ellos son inofensivos y algunos incluso pueden beneficiarnos.

Pregunta formulada por el curso de 3º de la ESO de Aranzadi Ikastola. Bergara (Gipuzkoa)

Los virus tienen mala reputación: los más conocidos son los que nos causan enfermedades como la gripe, diarrea o covid-19. Sin embargo, la gran mayoría de ellos resultan inofensivos, y muchos de ellos incluso pueden beneficiarnos.

## Virus, esa palabra maldita

El término virus proviene del latín y hace referencia a una sustancia nociva o venenosa. A lo largo de la historia humana, aparecen diversas referencias a enfermedades producidas por ellos, como la parálisis de una pierna debida a la infección de polio en algunas representaciones egipcias o imágenes de personas infectadas por sarampión o viruela en la conquista de América.

### Autoría



**Miren Basaras Ibarzabal**  
Profesora Titular de Microbiología, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea

Sin embargo, no empiezan a considerarse una entidad biológica hasta finales del siglo XIX. En 1892, el biólogo Dmitri Ivanovski filtró los extractos de hojas molidas de una planta del tabaco infectada por virus y observó que seguían infectadas. Esto indicaba que las partículas dañinas eran más pequeñas que el poro del filtro y lo atravesaban.

# THE CONVERSATION

Poco después, en 1899, el microbiólogo Martinus Beijerinck observó que esas diminutas partículas necesitaban siempre una célula viva para multiplicarse. Todos estos descubrimientos dieron lugar al estudio de los virus y al comienzo de la virología.

## ¡Están por todas partes!

Cuando hablamos de microorganismos en general, y de virus en particular, surge la pregunta: ¿pero cuántos existen en el mundo? Aunque se desconoce con exactitud, se cree que puede haber más de  $10^{31}$  en la Tierra (es decir, un 1 seguido de 31 ceros), mientras que los habitantes humanos no alcanzamos la cifra de  $10^{10}$ . Es decir, muchísimos más que personas. Además, si todos los virus del planeta se pegaran uno tras otro en una columna podrían llegar a las constelaciones más remotas del universo (hasta 100 millones de años luz). En resumen, ¡también hay muchísimos más virus que posibles estrellas en el cosmos!

Si bien estos entes se encuentran en cualquier lugar del planeta, una de sus peculiaridades es que no son células vivas. Por tanto, ellos solos no pueden replicarse y producir nuevos virus. Siempre necesitan acceder al interior de una célula, donde se replican para poder producir miles de nuevos virus.



Bacteriófagos infectando una bacteria. Professor Graham Beards/Wikimedia Commons, CC BY

Dependiendo del tipo de célula en que entren hay distintos tipos: de las plantas o fitovirus (por ejemplo, el virus Y de la patata), de los hongos o micovirus (virus de La France del champiñón) o de las bacterias, también llamados bacteriófagos o fagos (como el virus T4 que infecta la bacteria *Escherichia coli*). Además, existen virus que pueden infectar a cualquier célula de los animales, incluido el ser humano.

Algunos ejemplos son el parvovirus en cachorros de perros, el virus de la rabia, de la gripe, etc.

## Muchos no son “malos”

Es imposible conocer todas las especies de microorganismos dañinos – patógenos– para el ser humano. Se estima que representan menos del 1% de todos los que hay en el mundo, incluyendo virus, bacterias, hongos o parásitos.

Por lo tanto, y por suerte, solo una muy pequeña parte de los virus que nos rodean constituyen realmente una amenaza. Al contrario: muchos representan un beneficio no solo para el ser humano, sino también para el medio ambiente en general.

Sin ir más lejos, nuestro cuerpo, además de por células, está formado por microorganismos, y entre ellos hay un arsenal de virus que recibe el nombre de viroma humano.

Hoy en día apenas se conocen unos pocos, distribuidos en distintas partes de nuestro cuerpo, como es el caso de los llamados retrovirus. Aunque pertenecen a la misma familia que el virus de la inmunodeficiencia humana o VIH, no resultan dañinos, sino que contribuyen a generar proteínas esenciales o formar genes que han ayudado en el desarrollo de la placenta humana.

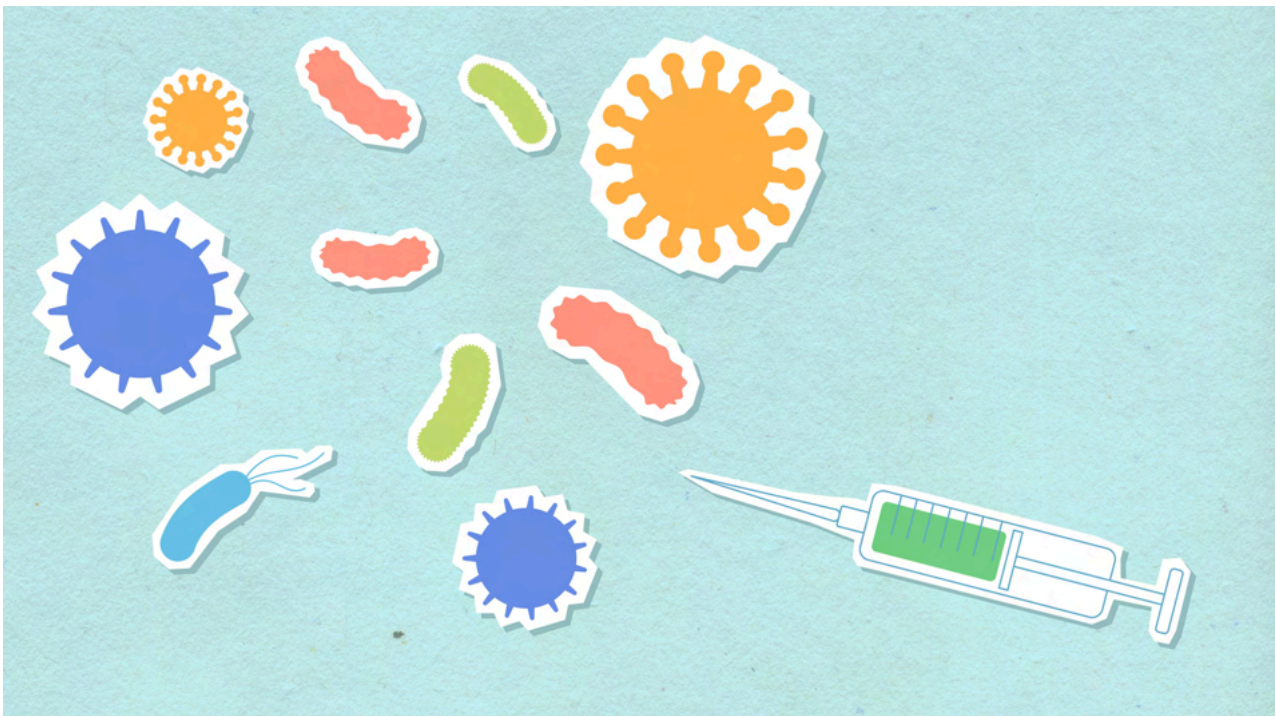
# THE CONVERSATION

Asimismo, muchos bacteriófagos también cumplen un papel beneficioso. Por un lado, están aquellos que se encuentran en el océano y participan en el ciclo del carbono liberando oxígeno o son capaces de matar bacterias para generar nutrientes. Otros se usan en la llamada fagoterapia, es decir, en el tratamiento de personas que están enfermas de bacterias resistentes a antibióticos.

Además, los bacteriófagos se utilizan en la industria alimentaria para eliminar las salmonelas (un tipo de bacterias nocivas) en las aves o en la conservación de alimentos como frutas o verduras.

Otros aliados son algunos micovirus. Por ejemplo, *Cryphonectria hypovirus* consigue disminuir la virulencia causada por el hongo que desencadena la enfermedad denominada chancro del castaño. El virus que está dentro de ese hongo microscópico se puede transmitir a otros hongos del castaño, modificándolos y convirtiéndolos en menos dañinos.

En resumen, hoy solo conocemos una minúscula parte del total de virus con los que cohabitamos, pero la gran mayoría de ellos no son nuestros enemigos.



Pregunta formulada por el curso de 3º de la ESO de Aranzadi Ikastola. Bergara (Gipuzkoa)

## ¿Qué hay dentro de un agujero negro?

Lo que ocurre dentro de esos insaciables devoradores de materia aún es territorio desconocido para los científicos, pero averiguarlo les ayudaría a desvelar los últimos misterios de la física.

### Autoría



Ruth Lazkoz  
Catedrática de Física Teórica, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea

Si quieres saber qué hay dentro de un agujero negro tengo una recomendación para ti. Y hazme caso, de verdad: no te acerques a él bajo ninguna circunstancia. La materia de la estrella que tras colapsar originó ese agujero negro –una región del espacio con una concentración de materia tan brutal que produce una gravedad inmensa y no permite que escape nada– era muy parecida a la de tu propio cuerpo.

La materia atrapada dentro de ese desconcertante lugar sería una colección de protones, neutrones y electrones iguales a todos los demás del universo.

Al agujero le da igual un estudiante de bachillerato que una estrella pacífica: los engulliría a ambos sin miramientos, igual que a cualquier otro cuerpo con masa.

### Territorio desconocido

Toda esa materia quedaría atrapada más allá del horizonte de sucesos. Así se llama a la frontera que separa el universo del que podemos recibir noticias y una zona misteriosa e incomunicada: el interior del agujero negro.

Quizá pienses que la abundancia de carbono en tu cuerpo y de helio en la estrella os haga muy diferentes. Pero lamento decirte que no. Para el agujero negro la diferencia es prácticamente nula. Y entonces, ¿cuál sería tu destino si te acercases a él? Me temo que sería igual de dramático. No solo tendría lugar una destrucción total: la catástrofe iría más allá, afectando al propio plano del conocimiento.

# THE CONVERSATION

Y es que no sabemos en qué se convertirán esos átomos engullidos. Posiblemente sea algo muy distinto a una sopa de quarks, es decir, las partículas subatómicas que componían los protones y neutrones engullidos.

La física actual no conoce las leyes que gobiernan las regiones más extrañas del universo, como el interior de los agujeros negros. Por eso no sabemos definir cómo son las partículas ni la manera en que interactúan en esa zona inaccesible. Allí, la curvatura del espacio-tiempo es tan intensa que no podemos ni siquiera concebirlo. Y, por supuesto, la gravedad será la fuerza dominante sobre todas las demás.

## Lo que sí sabemos

Pero que conozcamos poca física de esa región no significa que no sepamos lo más básico. Estamos seguros de que la gravedad allí tiene que explicarse por leyes cuánticas, las que imperan en el mundo de lo diminuto. Eso permitiría estudiar las cuatro fuerzas de la naturaleza (nuclear fuerte, electromagnética, nuclear débil y gravedad) de forma unificada.

Por otro lado, quizá sepas que las partículas de luz no tienen masa. ¿Crees que esa ligereza las exime de ser engullidas? ¡Nada de eso! ¿Y si te acercas con el haz de luz de una potente linterna anunciando tu llegada? El agujero negro la tragará, solo un suspiro antes de estirarte como a un fideo y devorarte a ti también.

Para colmo, este monstruo insaciable se mofará de todos, anunciando su presencia gracias al brillo de la materia ultrarrecalentada que orbita en torno a él.

## Ese brillo misterioso

Más aún, no importa que el agujero negro no esté recibiendo grandes cantidades de alimento en forma de materia. Aunque estuviese rodeado de un vacío en el que no pudiésemos ni respirar, nuestro protagonista sería capaz de brillar. Pero ¿cómo es posible tal cosa?

Nos lo explica el principio de incertidumbre que estableció el físico alemán Werner Heisenberg en 1927. Según nos enseña, tendremos intervalos pequeñísimos de tiempo en los que no sabremos a ciencia cierta cuánta energía hay en cada mínima porción de espacio en torno al misterioso astro.

Explicándolo más en detalle, habrá pares de partículas y antipartículas que podemos interpretar realmente como energía, como bien mostró Einstein. En realidad, esos fantasmas surgen constantemente en cualquier parte del espacio. Lo bonito y a la vez terrorífico es que cuando ocurre cerca del agujero negro, uno de los miembros de la pareja es tragado. Y así una de las partículas queda desparejada convirtiéndose en radiación.



Si un astronauta se acerca a un agujero negro, sufrirá lo que se conoce como efecto de 'espaguetización'. Wikimedia Commons/NASA



# THE CONVERSATION

Las ecuaciones de la relatividad ponen la física de la gravedad en lenguaje matemático. Y funcionan muy bien para sistemas tranquilos, como la Tierra orbitando en torno al Sol. Sin embargo, un agujero negro es mucho más complejo. Cuando aplicamos esas ecuaciones al horizonte de sucesos, las soluciones nos dan infinitos, y eso no mola nada. Podemos echar mano una analogía muy bonita para ilustrarlo.

## El caos de la cascada

Si pensamos en el agua de un lago y queremos estudiarlo, podemos “chincharlo” con un palito. Entonces surgirán pequeñas olas, y si había una hojita reposando en la superficie, empezará a surfearlas. Eso nos permite hacer algunos cálculos y entender al lago. En el caso de que el agua fluya y tengamos un río, podemos repetir el experimento. La física sigue explicando las onditas que surgirán en la superficie al perturbarla. La diferencia es que en esta ocasión habrá que considerar también el efecto de todo el movimiento del agua.

Pero ¿qué ocurre si el río se encuentra con una cascada? El agua pasará a moverse en caída libre y resultará imposible producir ondas con un patrón concreto y que nos sea de utilidad. Nuestras moléculas de H<sub>2</sub>O habrán entrado en una zona catastrófica con turbulencia y caos.

Pero como ya he anticipado, necesitamos avanzar en nuestro conocimiento y construir una teoría que aúne la física cuántica y la gravedad. Esto sería como alcanzar el Santo Grial, porque es la única de las cuatro fuerzas de la naturaleza que aún se resiste. Y, curiosamente, una de las herramientas que creemos que va a ser fundamental para lograrlo son ondas como las del lago.

Nos referimos, ni más ni menos, que a las fascinantes ondas gravitacionales, pequeñas alteraciones del espacio-tiempo generadas por sucesos superviolentos del cosmos como choques de estrellas de neutrones o los propios agujeros negros. Y tengo una buena noticia: se pueden detectar desde la misma Tierra. Así que podemos hacer física desde la prudente distancia de 1 600 años luz que nos separan del agujero negro más cercano.

Porque, os recuerdo otra vez, no es buena idea acercarse a uno.



Recreación de un cuásar, un agujero negro supermasivo situado en el centro de una galaxia. Está rodeado de un disco de gas caliente y emite poderosos chorros de partículas. NASA, ESA, CSA, Joseph Olmsted (STScI).



THE CONVERSATION  
Júnior



Puedes encontrarlo aquí



---

Suscríbete  
a nuestro  
boletín diario

---

¡Estamos  
también  
en WhatsApp!



Clica aquí desde tu  
teléfono

---

Tomamos mejores decisiones si nos informan  
los que saben.

Recibe análisis de expertos cada día.