

# Preguntas sencillas, respuestas profundas

## Edición infantil

Juan Segurola

El universo y sus observadores

Todos los derechos reservados

## Cómo leer este libro

Una cuchara que se siente fría, un cubito de hielo que flota, una nube y un árbol que crece pueden dar pie a buenas preguntas. Este libro explora cuarenta y ocho preguntas para lectores de aproximadamente nueve a doce años. El objetivo es fijarse en lo que necesita una explicación, seguir una explicación posible y reconocer lo que las pruebas no nos dicen. No necesitas equipo de laboratorio para leer los textos o comentar sus preguntas.

Lee un capítulo, detente en la pregunta y explica tu respuesta con tus propias palabras antes de leer la respuesta sugerida. Las preguntas te invitan a comparar ideas, no a realizar experimentos arriesgados. Las notas finales remiten a los lectores adultos a los capítulos científicos y a sus referencias. También muestran dónde una explicación breve ha dejado fuera las matemáticas detalladas o el diseño experimental.

# Índice

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| ¿Por qué el metal se siente más frío que la madera?                        | 3  |
| ¿Por qué flota el hielo?                                                   | 4  |
| ¿Por qué el cielo es azul de día?                                          | 5  |
| ¿Pueden dos personas ver el mismo arcoíris?                                | 6  |
| ¿Por qué el rozamiento puede frenarnos y ayudarnos a caminar?              | 7  |
| ¿Por qué el jabón ayuda a eliminar la grasa?                               | 8  |
| ¿Por qué podemos ver a través del vidrio, pero no del metal?               | 9  |
| ¿Por qué se agota una batería?                                             | 10 |
| ¿Por qué un imán atrae algunos metales y otros no?                         | 11 |
| ¿Por qué la Luna no cae sobre la Tierra?                                   | 12 |
| ¿Por qué suele haber dos pleamares al día?                                 | 13 |
| ¿Por qué el verano no se debe a estar más cerca del Sol?                   | 14 |
| ¿Por qué la Luna nos muestra casi siempre la misma cara?                   | 15 |
| ¿Cómo puede una nube mantenerse en el aire?                                | 16 |
| ¿Por qué los rayos siguen trayectorias ramificadas?                        | 17 |
| ¿Por qué el océano es salado y la lluvia no?                               | 18 |
| ¿Por qué se encuentran fósiles marinos en lo alto de las montañas?         | 19 |
| ¿Por qué es tan difícil predecir un terremoto?                             | 20 |
| ¿Cómo podemos estimar el clima futuro sin conocer el tiempo de cada día?   | 21 |
| ¿Por qué los ríos forman curvas?                                           | 22 |
| ¿Puede un bosque seguir absorbiendo carbono indefinidamente?               | 23 |
| ¿Por qué la pérdida de una especie puede cambiar un ecosistema?            | 24 |
| ¿Por qué puede apagarse una llama aunque quede combustible?                | 25 |
| ¿Por qué muchas hojas son verdes?                                          | 26 |
| ¿De dónde obtiene un árbol la mayor parte de su masa seca?                 | 27 |
| ¿Cómo puede una semilla seguir viva sin crecer?                            | 28 |
| ¿Por qué puede persistir la resistencia tras dejar de usar un antibiótico? | 29 |
| ¿Por qué persiste la reproducción sexual?                                  | 30 |
| ¿Por qué son diferentes los hermanos?                                      | 31 |
| ¿Cómo pueden realizar distintas funciones células con el mismo ADN?        | 32 |
| ¿Cómo adquiere su forma un organismo en desarrollo?                        | 33 |
| ¿Por qué los seres vivos envejecen a ritmos distintos?                     | 34 |
| ¿Por qué necesitamos dormir?                                               | 35 |
| ¿Por qué no notamos el punto ciego de nuestra visión?                      | 36 |
| ¿Pueden dos luces distintas parecer del mismo color?                       | 37 |
| ¿Por qué un olor puede evocar un recuerdo?                                 | 38 |
| ¿Por qué una hora puede parecernos corta o larga?                          | 39 |
| ¿Cómo aprenden los niños palabras que nadie les ha enseñado?               | 40 |
| ¿Cómo pueden orientarse las aves sobre un océano?                          | 41 |
| ¿Cómo reconocemos la inteligencia de un animal muy diferente de nosotros?  | 42 |
| ¿Por qué puede un público empezar a aplaudir al mismo ritmo?               | 43 |
| ¿Cómo podemos entender el habla en una sala ruidosa?                       | 44 |
| ¿Existe un número primo mayor que todos los demás?                         | 45 |
| ¿Cómo podemos saber que un nudo no se puede deshacer?                      | 46 |
| ¿Puede una figura tener área finita y perímetro infinito?                  | 47 |
| ¿Por qué añadir una carretera puede empeorar el tráfico?                   | 48 |
| ¿Cómo puede ser erróneo un resultado positivo?                             | 49 |
| ¿Qué puede revelar el alivio del dolor sobre la experiencia de un pulpo?   | 50 |
| Notas para lectores adultos                                                | 51 |

## ¿Por qué el metal se siente más frío que la madera?

Una cuchara y una mesa de madera pueden estar en la misma habitación y tener la misma temperatura. Sin embargo, la cuchara puede sentirse más fría. Tu mano no se limita a leer un número. Al tocar algo comienza un cambio: la energía puede pasar de tu piel, más caliente, al objeto, más frío.

En estas condiciones habituales, un metal corriente puede extraer energía de la piel con más eficacia que la madera. La piel se enfría de forma distinta, de modo que las sensaciones pueden ser diferentes. El metal no contiene una sustancia especial llamada «frío». La comparación también cambiaría si los objetos estuvieran inicialmente más calientes que tu piel.

### Para pensar

Imagina que alguien comprueba con un termómetro la temperatura de los dos objetos antes de que nadie los toque. ¿Por qué permite eso una comparación mejor que dar por hecho que todo lo que hay en una habitación tiene la misma temperatura?

### Una respuesta para comentar

La comprobación con el termómetro establece el punto de partida. Los objetos que están cerca de la luz solar o de otra fuente de calor pueden tener temperaturas distintas aunque se encuentren en la misma habitación.

## ¿Por qué flota el hielo?

Un cubito de hielo no carece de peso. La Tierra tira de él hacia abajo, igual que de otros objetos. El agua lo empuja hacia arriba. El cubito flota cuando ese empuje hacia arriba equilibra su peso antes de que quede completamente sumergido.

La pista importante es la densidad: cuánta masa hay en un volumen determinado. El hielo corriente, cerca de su temperatura de fusión, es menos denso que el agua líquida. La disposición de sus moléculas hace que una cantidad determinada de agua ocupe más espacio en forma de hielo. Es una característica del agua en estas condiciones, no una regla según la cual todos los sólidos flotan.

### **Para pensar**

Imagina dos bloques con exactamente el mismo tamaño exterior. Uno tiene más masa que el otro. ¿Tienen la misma densidad?

### **Una respuesta para comentar**

No. Tener el mismo volumen no significa tener la misma masa. Comparar ambas magnitudes es lo que hace útil la densidad.

## ¿Por qué el cielo es azul de día?

Mira un cielo diurno despejado, en una dirección alejada del Sol. La luz azul que llega a tus ojos no procede de un techo azul. La luz solar entra en la atmósfera y parte de ella cambia de dirección al interactuar con las moléculas del aire.

En la explicación sencilla, las longitudes de onda visibles más cortas se dispersan con mayor intensidad que las más largas. Pero el color que ves también depende de la luz solar y de tus ojos. Explicar el cielo exige, por tanto, seguir el recorrido de la luz y tener en cuenta al observador que la recibe. Una fotografía de un cielo brumoso o nublado puede mostrar una combinación distinta de efectos.

### **Para pensar**

¿Por qué debemos preguntarnos qué luz llega al ojo antes de decir de qué color es el aire?

### **Una respuesta para comentar**

La experiencia del color depende de la luz recibida. Llamar azul al aire no explica cómo nos ha llegado esa luz.

## ¿Pueden dos personas ver el mismo arcoíris?

Dos amigos pueden estar juntos y señalar un arcoíris. Reconocen el mismo tipo de arco de colores, pero la luz que entra en sus ojos no tiene por qué haber atravesado las mismas gotas. Cada amigo observa la lluvia desde un lugar ligeramente distinto.

La luz cambia de dirección al entrar en una gota y al salir de ella, y parte se refleja en su interior. Muchas gotas producen juntas un patrón de direcciones. Por eso, un arcoíris no es una franja pintada y unida a unas gotas concretas. Es un patrón óptico real cuyo aspecto depende de dónde se encuentre el observador.

### **Para pensar**

Si un patrón cambia cuando te mueves, ¿significa eso que es imaginario?

### **Una respuesta para comentar**

No. Cambiar de posición modifica qué luz puede llegar a tus ojos. El punto de vista puede importar en una explicación completamente física.

## ¿Por qué el rozamiento puede frenarnos y ayudarnos a caminar?

Piensa en una caja que se desliza por el suelo y en una persona que da un paso. El rozamiento puede frenar la caja. Sin embargo, también ayuda a que el pie apoyado de la persona se agarre al suelo en vez de resbalar hacia atrás.

La clave está en observar el lugar donde se tocan las superficies. El cuerpo de la persona puede avanzar mientras el zapato apoyado permanece un momento en el mismo sitio contra el suelo. El rozamiento no es simplemente una fuerza que siempre apunta hacia atrás con respecto al movimiento de un objeto entero. Lo que importa son las dos superficies y su tendencia a deslizarse una respecto a la otra.

### **Para pensar**

En un dibujo de alguien caminando, ¿dónde mirarías primero para comprender el papel del rozamiento?

### **Una respuesta para comentar**

Mira el contacto entre el zapato y el suelo. El avance del cuerpo, por sí solo, no describe ese contacto.

## ¿Por qué el jabón ayuda a eliminar la grasa?

El agua puede pasar sobre una superficie grasienta sin llevarse mucha grasa. El jabón ayuda a cambiar la manera en que interactúan el agua, la grasa y las superficies. Limpiar supone desprender la grasa y transportarla a otro lugar.

La grasa no ha desaparecido. Pensar en su recorrido resulta más útil que imaginar que una molécula de jabón la hace desaparecer por arte de magia. El jabón puede ayudar a desprender el material y a dispersarlo en el agua, pero la cantidad que se elimina depende de las condiciones. La espuma es una parte llamativa de algunos lavados. No es una medida de la limpieza.

### **Para pensar**

Dos imágenes muestran cantidades distintas de espuma. ¿Basta esa información para decir qué lavado eliminó más grasa?

### **Una respuesta para comentar**

No. Necesitaríamos una forma de comparar cuánta grasa quedó o cuánta se eliminó.

## ¿Por qué podemos ver a través del vidrio, pero no del metal?

Una ventana puede ser lo bastante sólida para detener tu mano y, aun así, dejarte ver un árbol al otro lado. Son dos preguntas diferentes. Una trata de cómo se resisten los materiales a que los atraviesen. La otra, de lo que hacen con la luz.

Un vidrio adecuado deja pasar suficiente luz visible y conserva suficiente información sobre su dirección para formar una imagen nítida. Un trozo grueso de metal corriente se comporta de otra manera: refleja intensamente la luz y reduce la que lo atraviesa. El vidrio no tiene pequeños huecos con forma de árbol. La interacción del material con la luz explica la diferencia.

### **Para pensar**

Una superficie esmerilada deja pasar la luz, pero no muestra una imagen nítida. ¿Qué nos indica eso?

### **Una respuesta para comentar**

Dejar pasar algo de luz no basta para obtener una imagen nítida. También importan las direcciones en las que viaja.

## ¿Por qué se agota una batería?

Cuando una batería deja de alimentar un juguete, no necesariamente ha perdido toda su energía. Ha dejado de poder suministrar lo que ese juguete necesita en esas condiciones. Los electrones no se han gastado sin más, como caramelos que desaparecen de un tarro.

Una batería en funcionamiento conecta cambios químicos con un circuito eléctrico. A medida que cambia su estado, también cambia lo que puede seguir suministrando. Dejar reposar una batería puede modificar a veces el voltaje medido, pero eso no equivale a devolverla a su estado original. Recargar una batería recargable tampoco hace desaparecer todos los daños. La palabra «vacía» es cómoda, pero debemos preguntarnos qué significa para el aparato que se está utilizando.

### Para pensar

Si un aparato deja de funcionar con una batería, ¿hemos demostrado que la batería no contiene ninguna energía?

### Una respuesta para comentar

No. Hemos aprendido que la batería no pudo satisfacer las necesidades de ese aparato en esa prueba. Es una conclusión más concreta.

## ¿Por qué un imán atrae algunos metales y otros no?

Un imán puede atraer con fuerza un objeto metálico y no mostrar una atracción evidente sobre otro. Llamar metálicos a ambos objetos no nos dice lo suficiente sobre su comportamiento magnético.

La respuesta depende de lo que ocurre dentro del material y del campo magnético que lo rodea. Algunos materiales pueden desarrollar respuestas magnéticas intensas; otros responden mucho más débilmente. Una prueba en la que un objeto no se mueve de forma visible no permite medir todas las respuestas pequeñas. La ciencia suele necesitar mediciones más sensibles que los cambios que nuestros ojos detectan con facilidad.

### **Para pensar**

Si no ves un cambio diminuto, ¿has demostrado que el cambio es exactamente cero?

### **Una respuesta para comentar**

No. Has mostrado que no era visible en esa prueba. Una medición más sensible podría distinguir un efecto pequeño de la ausencia de efecto.

## ¿Por qué la Luna no cae sobre la Tierra?

La gravedad atrae a la Luna hacia la Tierra. Eso no significa que tenga que viajar en línea recta hasta el suelo. También se mueve de lado, y la gravedad cambia continuamente la dirección de su movimiento.

Juntos, su movimiento y la gravedad producen una órbita que evita la superficie terrestre. La Luna no necesita estar en un lugar donde la gravedad haya desaparecido. Una trayectoria curva es, por sí misma, una prueba de que cambia la dirección del movimiento. Esto explica por qué orbitar y caer son compatibles, aunque el movimiento real de la Luna requiere más detalles que el dibujo de un círculo perfecto.

### **Para pensar**

En un dibujo, un juguete recorre un círculo con rapidez constante. ¿Se mantiene igual la dirección de su movimiento?

### **Una respuesta para comentar**

No. Su dirección cambia durante todo el recorrido. Una rapidez constante no significa que todos los aspectos de su movimiento permanezcan iguales.

## ¿Por qué suele haber dos pleamares al día?

En muchas costas, el mar sube y baja aproximadamente dos veces al día, pero no sucede de la misma manera en todas partes. Para comprender la contribución de la Luna, compara su atracción gravitatoria en distintos lugares de la Tierra.

Esa diferencia crea un patrón de dos lados en un modelo sencillo. Los océanos reales tienen continentes, profundidades distintas y agua que ya está en movimiento. Esas características afectan a la respuesta de una costa. El patrón sencillo ayuda a explicar por qué son frecuentes dos mareas altas, pero no constituye un horario completo para todas las playas.

### Para pensar

¿Por qué puede ser útil, y a la vez incompleto, un dibujo con un océano liso alrededor de una Tierra redonda?

### Una respuesta para comentar

Puede aislar una parte de la explicación. Deja fuera los límites y el movimiento necesarios para explicar lo que sucede en una costa concreta.

## ¿Por qué el verano no se debe a estar más cerca del Sol?

Cuando es verano en el hemisferio norte, es invierno en el hemisferio sur. Ambos hemisferios están en la misma Tierra, casi a la misma distancia del Sol. Esa es una pista importante.

La inclinación de la Tierra cambia el ángulo con el que la luz solar llega a un hemisferio y la duración de sus días. El verano suele traer ángulos más favorables y más horas de luz. La distancia al Sol puede afectar a la luz solar disponible, pero no puede explicar por sí sola las estaciones opuestas de los dos hemisferios. Una explicación debe encajar con el patrón completo, no solo con un lugar cálido.

### **Para pensar**

¿Cuál es la pista más clara contra la idea de que el verano sucede en todas partes porque la Tierra está más cerca del Sol?

### **Una respuesta para comentar**

Los dos hemisferios tienen estaciones opuestas al mismo tiempo. Una distancia compartida no puede explicar por sí sola esa diferencia de calendario.

## ¿Por qué la Luna nos muestra casi siempre la misma cara?

La Luna muestra a la Tierra casi siempre la misma cara, pero aun así gira sobre sí misma. Imagina a alguien que camina alrededor de una silla sin dejar de mirarla. Su cara sigue apuntando hacia el centro, pero apunta en distintas direcciones de la habitación.

La Luna da aproximadamente una vuelta sobre sí misma por cada órbita cuando describimos su rotación respecto a las estrellas lejanas. Respecto a la Tierra, su cara permanece casi fija. La palabra «casi» importa porque la parte que podemos ver cambia algo. Para decidir si algo gira, debemos decir con qué comparamos su orientación.

### **Para pensar**

¿Por qué «hacia la silla» y «hacia la misma pared» son direcciones distintas durante el paseo?

### **Una respuesta para comentar**

La silla permanece en el centro del recorrido. Una pared concreta no. La referencia cambia la pregunta que estamos respondiendo.

## ¿Cómo puede una nube mantenerse en el aire?

Una nube contiene gotas diminutas de agua líquida o partículas de hielo. Tienen masa y la gravedad actúa sobre ellas. Una nube no está hecha de pelusa sin peso.

Las partículas pequeñas pueden caer lentamente respecto al aire, y el aire en movimiento puede transportarlas. Mientras tanto, las partículas se forman y desaparecen al cambiar las condiciones. La forma de una nube no es, por tanto, un único objeto sólido que conserva para siempre exactamente los mismos trozos de material. El patrón visible puede persistir mientras cambian sus componentes.

### **Para pensar**

¿Podría una nube conservar un aspecto parecido durante un tiempo aunque se sustituyeran algunas de sus gotitas?

### **Una respuesta para comentar**

Sí. Una forma puede mantenerse mientras el material entra, sale, se forma o desaparece. La identidad de un patrón y la de cada partícula son cosas distintas.

## ¿Por qué los rayos siguen trayectorias ramificadas?

Una fotografía de un rayo muestra de una vez una forma ramificada. Sin embargo, su trayectoria se desarrolló a lo largo del tiempo. En un tipo habitual de descarga entre una nube y el suelo, un canal conductor que crece modifica el aire mientras avanza y se ramifica.

Ese cambio afecta al campo eléctrico alrededor del canal, lo que a su vez influye en dónde puede continuar el crecimiento. El rayo no ha mirado hacia delante y planeado una ruta. Tampoco era cada rama luminosa un cable que ya esperaba para conducir corriente. Las cámaras rápidas ayudan a los investigadores a separar etapas que una fotografía corriente reúne. Los distintos tipos de rayos necesitan sus propias explicaciones; una sola secuencia no describe todas las descargas.

### **Para pensar**

¿Por qué podrían decirnos más varias imágenes tomadas muy deprisa que una imagen hermosa de la descarga completa?

### **Una respuesta para comentar**

Pueden mostrar qué partes se desarrollaron primero y cómo cambió el patrón. Una forma terminada no muestra por sí sola el orden de los acontecimientos.

## ¿Por qué el océano es salado y la lluvia no?

El agua del mar contiene material disuelto, incluidas las sustancias que llamamos sales. El agua que llega al océano puede transportar material disuelto desde la tierra. Otros procesos también lo añaden o lo retiran.

Cuando el agua se evapora, la mezcla disuelta no pasa al vapor en las mismas proporciones. Eso ayuda a explicar por qué la lluvia es mucho menos salada que el agua del mar. Pero la lluvia no es necesariamente perfectamente pura, y el océano no es un cubo que conserve para siempre toda la sal. Una buena explicación sigue tanto las vías por las que llega el material como aquellas por las que sale.

### **Para pensar**

Si un recipiente recibe material cada día, ¿tiene que seguir aumentando su contenido?

### **Una respuesta para comentar**

No necesariamente. También necesitamos saber cuánto sale. Contar solo las entradas ofrece una explicación incompleta.

## ¿Por qué se encuentran fósiles marinos en lo alto de las montañas?

Un fósil marino en lo alto de una montaña solo resulta desconcertante si imaginamos que la roca siempre ha estado a esa altura. Un fósil puede registrar un ambiente anterior, mientras que la montaña registra lo que le ocurrió a la roca después.

Los sedimentos pueden depositarse, convertirse en roca, elevarse y quedar expuestos por la erosión. Para reconstruir la historia, los científicos comparan varios tipos de pruebas. Un fósil no revela todas las fechas ni todos los movimientos. Aporta una pista que debe encajar con la roca que lo rodea y con la historia de la región.

### **Para pensar**

¿Por qué el lugar donde está hoy el fósil no nos dice dónde se formó?

### **Una respuesta para comentar**

Las rocas pueden moverse y su entorno puede cambiar. La posición actual forma parte de una historia; no demuestra que el lugar haya sido siempre el mismo.

## ¿Por qué es tan difícil predecir un terremoto?

Los científicos pueden estudiar fallas en la corteza terrestre y estimar probabilidades de terremotos sin conocer la fecha exacta del próximo gran terremoto. Saber algo útil y saberlo todo son logros diferentes.

Una alerta temprana también puede significar que una ruptura ya ha comenzado y que una señal llega a un lugar antes que las sacudidas más fuertes. Eso no es una predicción hecha antes de que empezara el terremoto. Para valorar un supuesto acierto, pregunta qué se anunció y cuándo. Una probabilidad para muchos años, una predicción para un día concreto y un aviso después de que comience una ruptura responden a preguntas distintas. Confundirlos dificulta entender tanto los aciertos como las limitaciones.

### **Para pensar**

¿Qué deberías comprobar antes de llamar predicción acertada a una alerta de terremoto?

### **Una respuesta para comentar**

Comprueba si el terremoto ya había comenzado y qué afirmaba exactamente la alerta. Un aviso útil no tiene por qué ser una predicción de un acontecimiento que todavía no ha empezado.

## ¿Cómo podemos estimar el clima futuro sin conocer el tiempo de cada día?

Predecir el tiempo que hará en todos tus futuros cumpleaños es una tarea distinta de estimar cómo podría cambiar el clima de una región. Las preguntas sobre el clima pueden referirse a promedios, variaciones y frecuencia de determinadas condiciones.

Los investigadores utilizan conocimientos físicos, observaciones y modelos para estudiar esos patrones. Una proyección pregunta qué se deduce bajo unas condiciones declaradas, como un cambio concreto de los gases de efecto invernadero. No es una promesa de que esas condiciones vayan a darse. La incertidumbre sobre el tiempo de un día futuro no vuelve imposible conocer todos los patrones a más largo plazo. Pero llamar promedio a un resultado tampoco lo hace automáticamente fiable. Sigue siendo necesario comprobar las pruebas y los supuestos.

### **Para pensar**

¿Por qué sería incompleto comunicar una proyección sin explicar las condiciones empleadas para calcularla?

### **Una respuesta para comentar**

Esas condiciones ayudan a definir la pregunta. Cambiarlas puede cambiar la respuesta, incluso cuando el método de cálculo sigue siendo el mismo.

## ¿Por qué los ríos forman curvas?

Un río fluye cuesta abajo, pero puede trazar curvas por un valle. El agua se mueve por un cauce y al mismo tiempo transporta material capaz de modificar el fondo y las orillas.

Parte del material se retira; otra parte se deposita. El movimiento del agua, los sedimentos y las orillas se influyen mutuamente. Un río no elige una ruta pintoresca, y sus orillas actuales no tienen por qué ser paredes permanentes. Explicar una curva concreta requiere pruebas sobre esos cambios relacionados, no solo una flecha con la etiqueta «cuesta abajo».

### **Para pensar**

¿Qué faltaría en una explicación que siguiera al agua, pero tratara todas las orillas como si no cambiaran?

### **Una respuesta para comentar**

Faltaría explicar cómo la erosión y la sedimentación pueden modificar el cauce por el que después fluye el agua.

## ¿Puede un bosque seguir absorbiendo carbono indefinidamente?

Un bosque puede incorporar carbono a las plantas mientras el carbono también sale por otros procesos. Las hojas verdes, por sí solas, no nos dicen cuánto carbono adicional almacenó el bosque entero durante un año.

Piensa en una reserva de material que recibe entradas y tiene salidas. Su cambio depende de ambas. También debemos decidir qué consideramos parte del bosque: ¿solo los árboles vivos, o los árboles junto con el suelo, la madera muerta y otros componentes? Mover material entre esas partes no tiene por qué retirarlo del sistema completo. Un bosque que añade poco este año puede seguir conservando una gran reserva. El crecimiento continuado, la cantidad almacenada y la duración del almacenamiento son preguntas diferentes.

### **Para pensar**

Si dos depósitos ganaran la misma cantidad este año, ¿demostraría eso que ya contenían la misma cantidad total?

### **Una respuesta para comentar**

No. El cambio anual y el total existente son mediciones distintas. La misma distinción nos ayuda a razonar sobre el carbono de un bosque.

## ¿Por qué la pérdida de una especie puede cambiar un ecosistema?

Un ecosistema es más que una colección de especies separadas. Los organismos comen, compiten y modifican las condiciones para otros organismos. Eliminar una especie puede cambiar varias de esas relaciones.

A veces los cambios son grandes. En otros entornos pueden ser menores o desarrollarse de manera diferente. No podemos concluir que toda pérdida cause un colapso completo, ni que otra especie vaya a asumir siempre la misma función. Los científicos necesitan investigar las interacciones que conectan la especie perdida con el resto del sistema.

### **Para pensar**

¿Por qué no basta siempre con contar las especies que quedan para predecir qué sucederá?

### **Una respuesta para comentar**

Un recuento no describe lo que las especies hacen unas a otras. Relaciones distintas pueden producir efectos diferentes con el mismo número de especies.

## ¿Por qué puede apagarse una llama aunque quede combustible?

Una llama puede apagarse aunque quede combustible. La presencia de combustible es solo parte de la explicación. Una llama necesita que las reacciones, el calor y el movimiento de los materiales sigan funcionando conjuntamente.

Si el proceso no puede mantener unas condiciones adecuadas, se detiene. Eso puede suceder sin que se agote todo lo que podría reaccionar. Por eso, una lista de ingredientes no es una descripción completa de una llama. Los tiempos y el movimiento también importan. Podemos explorar el razonamiento con dibujos y descripciones; no hace falta ningún experimento con fuego.

### **Para pensar**

¿Qué diferencia hay entre tener los ingredientes de un proceso y mantenerlo en marcha?

### **Una respuesta para comentar**

Los ingredientes pueden estar presentes mientras faltan las condiciones o los ritmos necesarios. Que estén disponibles no garantiza que el proceso continúe.

## ¿Por qué muchas hojas son verdes?

Muchas hojas parecen verdes por la luz que envían hacia nuestros ojos. Eso no significa que rechacen toda la luz verde. Una hoja puede parecer verde y aun así absorber parte de la luz verde.

El atajo tentador consiste en convertir «se refleja más» en «no se absorbe nada». No son afirmaciones equivalentes. Las mediciones de hojas completas nos informan sobre la luz que absorben y sobre cómo contribuye a la fotosíntesis. El color visible es una pista, pero no resuelve por sí solo todas esas preguntas.

### **Para pensar**

Si llega a tu ojo desde una hoja algo de luz de un color, ¿demuestra eso que nada de ese color entró en la hoja o fue absorbido?

### **Una respuesta para comentar**

No. Hay varios recorridos posibles. La luz que ves no es un inventario completo de lo que le ocurrió a toda la luz entrante.

## **¿De dónde obtiene un árbol la mayor parte de su masa seca?**

Una semilla pequeña puede convertirse en un árbol con un gran tronco. ¿De dónde vino el material? La luz es necesaria para crecer, pero no se convierte en la materia de la madera como si fuera un montón de bloques de construcción.

El dióxido de carbono del aire aporta carbono que el árbol incorpora a la materia orgánica. El agua y los minerales también importan. Por tanto, el suelo es importante sin ser la fuente de la mayor parte de la masa seca. Para explicar el crecimiento, sigue tanto el material como la energía que hace posibles los cambios.

### **Para pensar**

¿Puede algo ser esencial aunque solo haga falta una pequeña cantidad?

### **Una respuesta para comentar**

Sí. La importancia de un aporte no se mide únicamente por su proporción en la masa final. Las pequeñas cantidades requeridas también pueden ser necesarias.

## **¿Cómo puede una semilla seguir viva sin crecer?**

Una semilla puede permanecer sin crecer de forma visible y conservar la capacidad de germinar. La ausencia de crecimiento visible no significa automáticamente que haya muerto.

El crecimiento puede esperar a que lleguen condiciones adecuadas, y algunas semillas también tienen controles internos que retrasan la germinación. Durante el almacenamiento puede deteriorarse la capacidad de recuperarse. Una semilla no está fuera del mundo físico ni es inmune a los daños por el simple hecho de parecer inmóvil. La pregunta útil es qué puede hacer cuando llegan las condiciones pertinentes.

### **Para pensar**

Si una semilla almacenada crece después, ¿demuestra eso que nada cambió durante el almacenamiento?

### **Una respuesta para comentar**

No. Demuestra que conservó suficiente capacidad para reanudar el crecimiento. No muestra que todas sus partes permanecieran completamente iguales.

## ¿Por qué puede persistir la resistencia tras dejar de usar un antibiótico?

Algunas bacterias llevan cambios heredados que les permiten resistir a un antibiótico. Retirar ese antibiótico de su entorno no elimina al instante las bacterias ni borra su material hereditario.

Que las bacterias resistentes se vuelvan menos frecuentes depende de lo que suceda después. Un cambio que ayudaba en un ambiente puede tener un coste en otro, pero ese coste no siempre es el mismo y también puede cambiar. Las poblaciones tienen historia. Invertir una condición no hace necesariamente que esa historia recorra el camino inverso. Esta es una pregunta sobre poblaciones a lo largo de las generaciones, no un consejo sobre la medicación de nadie. Las decisiones sobre tratamientos requieren las pruebas clínicas y los profesionales pertinentes.

### **Para pensar**

¿Por qué retirar una presión es diferente de restablecer todas las condiciones anteriores?

### **Una respuesta para comentar**

La población puede haber cambiado ya de varias maneras. Retirar una influencia no deshace automáticamente esos cambios ni elimina otras influencias.

## ¿Por qué persiste la reproducción sexual?

Los distintos organismos producen descendencia de distintas maneras. Algunos linajes se reproducen sin fecundación. La reproducción sexual mezcla material hereditario, pero también puede tener costes. Por eso, su persistencia necesita una explicación; no basta con decir que nos resulta familiar.

La mezcla puede importar cuando cambian las condiciones o cuando los parásitos y sus huéspedes se afectan mutuamente. Que una ventaja supere a un coste depende de los organismos y las condiciones que se comparen. No hace falta imaginar que una especie mira al futuro y elige un método mejor. Los investigadores comparan lo que les sucede a las poblaciones. Explicar por qué un proceso continúa hoy también es distinto de explicar cómo comenzó.

### **Para pensar**

¿Encontrar una situación en la que la mezcla resulta beneficiosa explicaría por qué todas las especies se reproducen de la misma manera?

### **Una respuesta para comentar**

No. Un beneficio en determinadas condiciones no es una explicación universal, y las especies no comparten todas un único patrón reproductivo.

## ¿Por qué son diferentes los hermanos?

Dos niños pueden tener los mismos padres y, aun así, ser diferentes. «Los mismos padres» expresa una relación familiar, no una promesa de que los niños recibieran combinaciones idénticas de material hereditario o tuvieran experiencias idénticas.

La herencia puede producir combinaciones distintas. El desarrollo y el entorno también contribuyen a las diferencias. Una explicación científica de un rasgo concreto necesita más pruebas que una afirmación general sobre los genes o la crianza. Conocer un mecanismo posible no nos permite predecirlo todo sobre una persona.

### **Para pensar**

¿Por qué la expresión «la misma familia» no equivale a «exactamente la misma vida»?

### **Una respuesta para comentar**

Las personas de una misma familia pueden vivir acontecimientos, relaciones y condiciones diferentes. Una etiqueta compartida deja muchos detalles sin especificar.

## ¿Cómo pueden realizar distintas funciones células con el mismo ADN?

Una célula nerviosa y una célula muscular pueden realizar funciones muy distintas aunque lleven, en gran medida, el mismo ADN. Poseer información heredada no es lo mismo que utilizar todas sus partes de la misma forma y al mismo tiempo.

Las células difieren en qué genes están activos, qué productos fabrican y cómo interactúan esos productos. Su entorno y su estado anterior también importan. El ADN es importante, pero una lista de sus letras no describe por sí sola todo lo que hace una célula. «En gran medida, el mismo» es una matización deliberada: algunas células tienen diferencias reales en su ADN o en su contenido cromosómico, y algunas pierden el núcleo durante el desarrollo.

### **Para pensar**

Si dos células poseen las mismas instrucciones posibles, ¿tienen que estar realizando ahora la misma actividad?

### **Una respuesta para comentar**

No. La posibilidad y la actividad actual son cosas diferentes. Necesitamos investigar qué procesos están funcionando realmente y cómo se regulan.

## ¿Cómo adquiere su forma un organismo en desarrollo?

Un organismo en desarrollo cambia de forma a medida que sus células se dividen, se mueven, cambian su propia forma y empujan su entorno o tiran de él. Las células no están mirando una imagen diminuta del animal o la planta terminados.

Los genes ayudan a regular esas actividades, pero identificar genes activos todavía no es una explicación completa de una forma tridimensional. También importan las fuerzas, las conexiones y los límites. Los científicos investigan cómo afecta a lo que se desarrolla el cambio de una parte. Un modelo útil puede explicar un pliegue o un movimiento sin explicar el organismo entero. La pregunta es cómo las actividades locales producen una forma organizada, no cómo conocen las células una imagen del futuro.

### **Para pensar**

¿Por qué podría una lista de los tipos de células presentes no explicar la forma de un tejido?

### **Una respuesta para comentar**

La lista no describe dónde están las células, cómo se mueven ni cómo ejercen fuerzas unas sobre otras. Esas relaciones pueden cambiar la forma resultante.

## ¿Por qué los seres vivos envejecen a ritmos distintos?

Una vida larga y un envejecimiento lento no son lo mismo. Un organismo puede morir joven porque su entorno sea peligroso, sin que esa muerte muestre que su cuerpo había envejecido especialmente deprisa.

Para comparar el envejecimiento, los científicos distinguen la duración de la vida de los cambios en el funcionamiento y de cómo varía el riesgo de morir con la edad. También necesitan decidir qué están contando como un organismo, algo que puede ser menos evidente para algunas formas de vida que crecen o se dividen que para un animal familiar. Un individuo excepcionalmente longevo no revela todo el patrón de su especie. La comparación comienza por formular la pregunta con precisión.

### **Para pensar**

¿Por qué sería el individuo de mayor edad encontrado una descripción incompleta de cómo envejece una población?

### **Una respuesta para comentar**

Es un superviviente. También necesitamos información sobre otros individuos y sobre cómo cambian con el tiempo sus funciones y sus probabilidades de sobrevivir.

## ¿Por qué necesitamos dormir?

Dormir cambia nuestra manera de responder al mundo, pero su importancia no puede reducirse a una frase sencilla sobre desconectarse. Los investigadores estudian varios procesos que ocurren durante el sueño y las consecuencias de perderlo.

Las pruebas de que un proceso cambia no demuestran que sea la única función del sueño. Los científicos pueden saber que dormir importa y seguir debatiendo partes de la explicación. Los estudios pueden medir resultados distintos o utilizar animales diferentes, por lo que hay que describir sus conclusiones con cuidado.

### **Para pensar**

Si los investigadores discrepan sobre una explicación propuesta, ¿significa eso que no saben nada del sueño?

### **Una respuesta para comentar**

No. Las pruebas sobre efectos importantes pueden seguir siendo sólidas mientras se pone a prueba o se revisa la explicación de uno de ellos.

## ¿Por qué no notamos el punto ciego de nuestra visión?

Cada ojo tiene un lugar de la retina por donde sale el nervio óptico. Esa región carece de las células sensibles a la luz necesarias para detectar allí la imagen. Sin embargo, nuestra visión habitual no suele parecer una escena con un agujero señalado.

Los dos ojos proporcionan información parcialmente diferente, y el procesamiento visual también utiliza la información disponible alrededor de una región sin datos. Eso no significa que se recupere perfectamente cada detalle ausente. Una escena que parece coherente y un registro perfectamente completo son cosas distintas.

### **Para pensar**

¿Por qué no deberíamos tomar una vista que parece continua como prueba de que se detectó directamente cada detalle?

### **Una respuesta para comentar**

La experiencia se organiza a partir de la información disponible. Su aspecto, por sí solo, no revela qué partes se detectaron ni cómo se trató la información ausente.

## **¿Pueden dos luces distintas parecer del mismo color?**

Dos luces pueden parecer del mismo color aunque contengan mezclas distintas de longitudes de onda. Un instrumento de medida puede distinguir esas mezclas cuando nuestra percepción del color no lo hace.

Nuestros ojos y nuestro sistema visual no conservan cada detalle de la luz entrante cuando juzgamos iguales dos colores. Esa igualdad también depende del observador y de las condiciones. Por eso resulta útil decir que las luces coinciden en color, pero no es lo mismo que decir que son físicamente idénticas.

### **Para pensar**

Si dos cosas parecen iguales en una prueba, ¿deben dar el mismo resultado en cualquier medición posible?

### **Una respuesta para comentar**

No. Una prueba compara características concretas. Otra medición puede distinguir diferencias que la primera no reveló.

## ¿Por qué un olor puede evocar un recuerdo?

Un olor puede recordar de repente a alguien un lugar o un acontecimiento. El olor actúa como una pista relacionada con la experiencia, no lleva en su interior una pequeña copia del pasado.

El acontecimiento recordado puede sentirse vívido o emotivo. Merece la pena estudiar esas sensaciones, pero no demuestran por sí mismas que todos los detalles recordados sean correctos. Los investigadores distinguen qué recuerdo se evoca de cómo lo valora ahora la persona. El acontecimiento original y la experiencia presente de recordar no son idénticos.

### **Para pensar**

¿Por qué puede ser necesario contrastar con otras pruebas una intensa sensación de recordar?

### **Una respuesta para comentar**

Sentirse seguro ahora es distinto de describir con exactitud lo que ocurrió antes. La confianza y la exactitud responden a preguntas diferentes.

## ¿Por qué una hora puede parecernos corta o larga?

Una hora puede parecer larga mientras esperas y corta cuando estás absorto en algo. Más tarde, juzgar cuánto duró un acontecimiento puede ser una tarea diferente.

La atención durante el acontecimiento y la información disponible después en la memoria pueden afectar a ese juicio. La hora del reloj no tuvo que cambiar. Al estudiar esta pregunta, los científicos se preguntan qué tipo de juicio estaba haciendo una persona, en vez de imaginar una sustancia elástica llamada «tiempo mental».

### **Para pensar**

¿Por qué puede ser distinto preguntar a alguien por el tiempo durante un acontecimiento que hacerlo por sorpresa después?

### **Una respuesta para comentar**

La primera persona puede prestar atención al paso del tiempo mientras sucede. La segunda debe juzgar a partir de lo que tenga disponible más tarde.

## **¿Cómo aprenden los niños palabras que nadie les ha enseñado?**

Cuando alguien habla, el sonido no llega con espacios impresos entre las palabras. Un niño tiene que descubrir posibles unidades en esa corriente y relacionar algunas con significados.

Los patrones repetidos pueden ayudar con el primer problema. Los encuentros con distintos objetos y situaciones pueden ayudar con el segundo. Una sola escena puede dejar abiertos varios significados posibles, mientras que escenas posteriores ayudan a distinguirlos. «Sin una lección formal» no significa «sin información». El niño aprende del habla y de la experiencia, aunque estos mecanismos no pretenden explicar por sí solos todas las partes del aprendizaje del lenguaje.

### **Para pensar**

Supón que dos objetos aparecen siempre juntos cada vez que se pronuncia una palabra nueva. ¿Volver a ver la misma pareja revelaría automáticamente a qué objeto se refiere la palabra?

### **Una respuesta para comentar**

No. Esa escena sigue encajando con ambas posibilidades. Una situación distinta podría aportar información que falta en la escena repetida.

## **¿Cómo pueden orientarse las aves sobre un océano?**

A un pasajero humano, un océano puede parecerle vacío de puntos de referencia. Eso no significa que no contenga información útil para un ave. Los distintos animales pueden utilizar pistas diferentes.

En un caso estudiado, los investigadores modificaron el acceso al olfato y compararon los viajes de regreso de esas aves con los de otros grupos. Esas comparaciones ayudan a identificar qué información importaba en aquellas condiciones. No muestran que todas las aves utilicen exactamente el mismo sistema. La palabra «instinto» no basta para explicar qué pista se utilizó o cómo ayudó.

### **Para pensar**

¿Por qué resulta útil modificar una fuente de información al estudiar la orientación?

### **Una respuesta para comentar**

Puede revelar si el acceso a esa información afecta al viaje. Llegar con éxito, por sí solo, no identifica qué pistas lo hicieron posible.

## ¿Cómo reconocemos la inteligencia de un animal muy diferente de nosotros?

Un problema diseñado para humanos puede ser una mala forma de poner a prueba a otro animal. El animal podría no ver la señal importante, no utilizar su cuerpo de la manera esperada o no querer la recompensa ofrecida.

El éxito también necesita una interpretación cuidadosa. Un animal podría encontrar una pista más sencilla que la que pretendía la persona que diseñó el problema. Los investigadores utilizan comparaciones y controles para distinguir esas explicaciones. La puntuación de una tarea no coloca a todas las especies en una única escala universal. Resolver un problema tampoco revela directamente lo que experimenta un animal. Una conclusión útil nombra la capacidad concreta demostrada y las condiciones en que se puso a prueba.

### **Para pensar**

Si un animal no consigue abrir una caja, ¿qué querrías saber antes de concluir que no puede aprender la solución?

### **Una respuesta para comentar**

Pregunta si podía detectar las pistas pertinentes, realizar los movimientos necesarios y si la tarea lo motivaba. El fracaso puede tener varias causas.

## ¿Por qué puede un público empezar a aplaudir al mismo ritmo?

Los aplausos pueden empezar con muchos ritmos diferentes y convertirse en un ritmo compartido. Nadie tiene que decirle a cada persona el momento preciso en que debe aplaudir. Las personas pueden ajustar sus tiempos en respuesta a lo que oyen cerca.

Esas interacciones pueden producir a veces un patrón organizado, pero no garantizan un ritmo común, que además puede volver a deshacerse. Sonar más fuerte y estar mejor sincronizados también son cosas distintas. Para explicar lo que sucede en un público concreto, los investigadores miden los tiempos e investigan qué cambió. Llamar «sincronización» al patrón lo describe; no nos dice por sí solo cómo se formó.

### **Para pensar**

¿Escuchar un ritmo compartido demostraría que un director oculto dio instrucciones a cada persona?

### **Una respuesta para comentar**

No. La interacción entre las personas puede ayudar a coordinar los tiempos. Es un mecanismo posible que se puede investigar, no una prueba de que todo grupo organizado necesite un único controlador.

## ¿Cómo podemos entender el habla en una sala ruidosa?

En una sala ruidosa, varias voces llegan juntas a los oídos. Seguir a un hablante no significa que todos los demás sonidos hayan desaparecido antes de llegar a ti.

Las diferencias entre las fuentes, la atención y el conocimiento del habla pueden ayudar a organizar la mezcla. A veces, las interferencias siguen dificultando la escucha. La pregunta científica es cómo se selecciona información útil en esas condiciones, no cómo una voz entera se cuela por una puerta que excluye a todas las demás.

### **Para pensar**

Si entiendes a un hablante, ¿qué puedes concluir sobre el sonido que llega a los oídos?

### **Una respuesta para comentar**

No puedes concluir que contenía únicamente esa voz. Es posible entender aunque se hayan mezclado varias fuentes.

## ¿Existe un número primo mayor que todos los demás?

Un número primo es un número entero mayor que uno cuyos únicos divisores positivos son uno y él mismo. No existe un primo mayor que todos los demás. Lo sabemos gracias a una demostración, no porque alguien haya terminado de comprobar todos los números.

Imagina que afirmas que una lista finita contiene todos los primos. Multiplica los primos de esa lista y suma uno. Ninguno de los primos de la lista divide exactamente el nuevo número: con cada uno, el resto es uno. El nuevo número no tiene por qué ser primo, pero tiene un divisor primo que falta en la lista. Por tanto, la lista estaba incompleta. El argumento funciona con cualquier lista finita que se proponga como completa, por larga que sea.

### **Para pensar**

¿Por qué es distinto descubrir otro primo muy grande de demostrar que ninguna lista finita puede contenerlos todos?

### **Una respuesta para comentar**

Un descubrimiento añade un ejemplo concreto. La demostración explica por qué toda lista finita propuesta como completa debe fallar, incluidas las listas que nadie ha escrito.

## ¿Cómo podemos saber que un nudo no se puede deshacer?

Intentar muchas veces deshacer un enredo y no conseguirlo no demuestra que sea imposible. Las matemáticas empiezan por precisar las reglas. En un problema importante, el objeto es un lazo cerrado, sin extremos sueltos.

Podemos doblar y estirar el lazo, pero no cortarlo ni hacer que una parte atravesase otra. Los matemáticos buscan entonces propiedades que permanezcan iguales con todos los movimientos permitidos. Si una de esas propiedades difiere entre un nudo y un lazo simple sin nudo, esos movimientos no pueden transformar uno en otro. Eso es más fuerte que contar que los intentos de una persona fracasaron. La demostración se refiere al objeto y las reglas definidos, no a cualquier trozo real de cuerda.

### **Para pensar**

¿Por qué permitir un corte cambia la pregunta?

### **Una respuesta para comentar**

Cortar queda fuera de las reglas originales. Algo imposible con un conjunto de movimientos permitidos no tiene por qué seguir siéndolo cuando cambian las reglas.

## ¿Puede una figura tener área finita y perímetro infinito?

Una figura matemática puede ganar cada vez más detalle en su borde sin que su área crezca sin límite. La clave es que las piezas añadidas se hacen más pequeñas mientras aumenta su número.

En la construcción ideal del copo de nieve, la longitud del borde y el área cambian de formas distintas. El razonamiento se refiere a una secuencia que puede continuar indefinidamente en matemáticas. Un dibujo físico no puede mostrar todas las etapas, y medir un objeto real es un problema diferente. El ejemplo nos enseña a no dar por hecho que más borde siempre deba significar un aumento proporcional del área.

### **Para pensar**

¿Por qué un dibujo finito no es lo mismo que la construcción matemática completa?

### **Una respuesta para comentar**

El dibujo se detiene en cierto nivel de detalle. El resultado matemático se refiere a lo que sucede cuando los pasos definidos continúan sin una etapa final.

## ¿Por qué añadir una carretera puede empeorar el tráfico?

Puede parecer seguro que más carreteras faciliten todos los viajes. Pero los conductores eligen rutas, y sus elecciones afectan a la congestión que encuentran otros conductores. Una conexión nueva puede cambiar todo el patrón de uso.

En un ejemplo matemático estándar, la ruta adicional lleva a los conductores a tomar decisiones que ralentizan sus viajes. El cálculo muestra que la mejora no está garantizada. No demuestra que toda carretera nueva empeore las cosas, ni predice lo que sucederá en una ciudad concreta sin más pruebas. Una opción que parece mejor para un viajero y una organización que funciona mejor para todos son preguntas distintas.

### **Para pensar**

Si un modelo muestra que una carretera adicional puede empeorar los desplazamientos, ¿qué ha refutado?

### **Una respuesta para comentar**

Refuta la afirmación de que añadir una carretera siempre tiene que mejorar los desplazamientos en ese tipo de modelos. No ha establecido que todas las carreteras añadidas sean perjudiciales.

## ¿Cómo puede ser erróneo un resultado positivo?

A veces, una prueba puede dar un resultado positivo aunque aquello que busca esté ausente. Eso se llama falso positivo. Para comprender un grupo de resultados positivos, necesitamos contar tanto los verdaderos como los falsos positivos.

Importa lo frecuente que sea la condición que se busca. Si muy pocos miembros de un grupo grande la tienen, hay muchas oportunidades de obtener falsos positivos entre todos los demás. Por eso, una prueba que suele clasificar correctamente a cada grupo puede aun así producir un grupo de positivos con una proporción importante de errores. Esta es una lección sobre cómo contar grupos, no una forma de diagnosticar a alguien a partir de una descripción breve.

### **Para pensar**

¿Por qué no deberíamos contar solo los casos detectados correctamente al preguntarnos qué significa un resultado positivo?

### **Una respuesta para comentar**

El mismo resultado también puede proceder de un falso positivo. Dejar fuera esa vía cambia el grupo que intentamos comprender.

## ¿Qué puede revelar el alivio del dolor sobre la experiencia de un pulpo?

Un animal que se aleja de algo dañino nos muestra una respuesta. No nos permite inspeccionar directamente su experiencia. Los investigadores pueden plantear otra pregunta: ¿el alivio de una condición dañina cambia qué lugar aprende a preferir el animal?

En el estudio con pulpos que se comenta aquí, las pruebas importantes procedían de comparar animales en distintas condiciones, incluida la de haber recibido o no un tratamiento dañino. La preferencia asociada al alivio respaldó una inferencia sobre un estado desagradable continuado. No convirtió las sensaciones del animal en algo observado directamente ni resolvió cuál es la experiencia de todos los pulpos o de otros animales. Una respuesta cuidadosa puede tomar en serio las pruebas y mantener visible ese límite.

### **Para pensar**

¿Por qué importa comparar con animales que no recibieron el tratamiento dañino?

### **Una respuesta para comentar**

Ayuda a distinguir un efecto asociado al alivio de otro que podría ocurrir sin esa condición. Una preferencia por sí sola dejaría abiertas más explicaciones.

## Notas para lectores adultos

Estos capítulos breves desarrollan preguntas seleccionadas de la colección científica. Las referencias siguientes respaldan los textos de origen; no son instrucciones para reproducir los experimentos. Las adaptaciones conservan el mecanismo principal y sus límites, y dejan fuera los cálculos detallados y el diseño experimental.

### ¿Por qué el metal se siente más frío que la madera?

- [1] Ho, H.-N.; Jones, L. A. Contribution of thermal cues to material discrimination and localization. *Perception & Psychophysics* 68, 118–128 (2006). <https://doi.org/10.3758/BF03193662>
- [2] Ho, H.-N. Material recognition based on thermal cues: Mechanisms and applications. *Temperature* 5(1), 36–55 (2018; primera publicación electrónica en 2017). <https://doi.org/10.1080/23328940.2017.1372042>
- [3] Rykaczewski, K. Modeling thermal contact resistance at the finger-object interface. *Temperature* 6(1), 85–95 (2019; publicación electrónica en 2018). <https://doi.org/10.1080/23328940.2018.1551706>

### ¿Por qué flota el hielo?

- [1] IAPWS. Revised Release on the Equation of State 2006 for H<sub>2</sub>O Ice Ih. R10-06(2009), septiembre de 2009. <https://iapws.org/technical-guidance/release/Ice-2009>
- [2] IAPWS. Revised Release on the IAPWS Formulation 1995 for the Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance for General and Scientific Use. R6-95(2018), septiembre de 2018. <https://iapws.org/documents/release/IAPWS-95.download>
- [3] Brini, E. et al. How Water's Properties Are Encoded in Its Molecular Structure and Energies. *Chemical Reviews* 117, 12385–12414 (2017). <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00259>
- [4] Chodkiewicz, M. L. et al. Hirshfeld atom refinement and dynamical refinement of hexagonal ice structure from electron diffraction data. *IUCrJ* 11, 730–736 (2024). <https://doi.org/10.1107/S2052252524006808>

### ¿Por qué el cielo es azul de día?

- [1] Jordan, N. et al. A broadband cavity-enhanced spectrometer for atmospheric trace gas measurements and Rayleigh scattering cross sections in the cyan region (470–540 nm). *Atmospheric Measurement Techniques* 12, 1277–1293 (2019). <https://doi.org/10.5194/amt-12-1277-2019>
- [2] NASA Goddard. Rayleigh Scattering. Notas docentes de ciencias atmosféricas, sección «Rayleigh Scattering and Polarization». [https://acd-ext.gsfc.nasa.gov/anonftp/acd/daac\\_ozone/Lecture4/Text/Lecture\\_4/rayleigh.html](https://acd-ext.gsfc.nasa.gov/anonftp/acd/daac_ozone/Lecture4/Text/Lecture_4/rayleigh.html)
- [3] NASA Science. Wave Behaviors. [https://science.nasa.gov/ems/03\\_behaviors/](https://science.nasa.gov/ems/03_behaviors/)

### ¿Pueden dos personas ver el mismo arcoíris?

- [1] NOAA NESDIS. What Causes a Rainbow? <https://www.nesdis.noaa.gov/about/k-12-education/optical-phenomena/what-causes-rainbow>
- [2] Lee, R. L. Mie theory, Airy theory, and the natural rainbow. *Applied Optics* 37, 1506–1519 (1998). <https://doi.org/10.1364/AO.37.001506>

### ¿Por qué el rozamiento puede frenarnos y ayudarnos a caminar?

- [1] OpenStax. University Physics Volume 1, §6.2, Friction. <https://openstax.org/books/university-physics-volume-1/pages/6-2-friction>

[2] Dieterich, J. H.; Kilgore, B. D. Direct observation of frictional contacts: New insights for state-dependent properties. *Pure and Applied Geophysics* 143, 283–302 (1994).  
<https://doi.org/10.1007/BF00874332>

## ¿Por qué el jabón ayuda a eliminar la grasa?

- [1] OpenStax. Organic Chemistry, §27.2, Soap.  
<https://openstax.org/books/organic-chemistry/pages/27-2-soap>
- [2] OpenStax. Chemistry: Atoms First 2e, §11.5, Colloids, especialmente emulsiones y jabones.  
<https://openstax.org/books/chemistry-atoms-first-2e/pages/11-5-colloids>
- [3] Gómez Herrera, C. Detergency. Its main mechanisms. *Grasas y Aceites* 47(6), 419–435 (1996).  
<https://doi.org/10.3989/gya.1996.v47.i6.890> (resumen de la editorial consultado).

## ¿Por qué podemos ver a través del vidrio, pero no del metal?

- [1] Feynman, R. P.; Leighton, R. B.; Sands, M. The Feynman Lectures on Physics, vol. I, capítulo 31, The Origin of the Refractive Index. [https://www.feynmanlectures.caltech.edu/I\\_31.html](https://www.feynmanlectures.caltech.edu/I_31.html)
- [2] Feynman, R. P.; Leighton, R. B.; Sands, M. The Feynman Lectures on Physics, vol. II, capítulo 32, Refractive Index of Dense Materials. [https://www.feynmanlectures.caltech.edu/II\\_32.html](https://www.feynmanlectures.caltech.edu/II_32.html)
- [3] Feynman, R. P.; Leighton, R. B.; Sands, M. The Feynman Lectures on Physics, vol. II, capítulo 33, Reflection from Surfaces. [https://www.feynmanlectures.caltech.edu/II\\_33.html](https://www.feynmanlectures.caltech.edu/II_33.html)

## ¿Por qué se agota una batería?

- [1] OpenStax. Chemistry 2e, §17.5, Batteries and Fuel Cells.  
<https://openstax.org/books/chemistry-2e/pages/17-5-batteries-and-fuel-cells>
- [2] OpenStax. Chemistry 2e, §17.4, Potential, Free Energy, and Equilibrium.  
<https://openstax.org/books/chemistry-2e/pages/17-4-potential-free-energy-and-equilibrium>
- [3] Edge, J. S. et al. Lithium ion battery degradation: what you need to know. *Physical Chemistry Chemical Physics* 23, 8200–8221 (2021). <https://doi.org/10.1039/D1CP00359C> (resumen y registro bibliográfico consultados a través del repositorio de la Universidad de Bristol).

## ¿Por qué un imán atrae algunos metales y otros no?

- [1] OpenStax. University Physics Volume 2, §12.7, Magnetism in Matter.  
<https://openstax.org/books/university-physics-volume-2/pages/12-7-magnetism-in-matter>
- [2] OpenStax. College Physics 2e, §22.2, Ferromagnets and Electromagnets.  
<https://openstax.org/books/college-physics-2e/pages/22-2-ferromagnets-and-electromagnets>

## ¿Por qué la Luna no cae sobre la Tierra?

- [1] NASA Glenn Research Center. What Is Microgravity?  
<https://www.nasa.gov/centers-and-facilities/glenn/what-is-microgravity/> (consulta: 5 de octubre de 2026).
- [2] NASA Science. Moon Facts. <https://science.nasa.gov/moon/facts/> (consulta: 5 de octubre de 2026).

## ¿Por qué suele haber dos pleamares al día?

- [1] OpenStax. University Physics, Volume 1, §13.6, Tidal Forces.  
<https://openstax.org/books/university-physics-volume-1/pages/13-6-tidal-forces> (consulta: 6 de octubre de 2026).
- [2] NOAA National Ocean Service. Tides and Water Levels: The Lunar Day.  
[https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial\\_tides/tides05\\_lunarday.html](https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_tides/tides05_lunarday.html) (consulta: 5 de octubre de 2026).
- [3] NOAA National Ocean Service. Types and Causes of Tidal Cycles.  
[https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial\\_tides/tides07\\_cycles.html](https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_tides/tides07_cycles.html) (consulta: 5 de octubre de 2026).

## ¿Por qué el verano no se debe a estar más cerca del Sol?

[1] NASA Space Place. What Causes the Seasons? <https://spaceplace.nasa.gov/seasons/en/> (consulta: 5 de octubre de 2026).

## ¿Por qué la Luna nos muestra casi siempre la misma cara?

[1] NASA Science. The Moon's Rotation. <https://science.nasa.gov/resource/the-moons-rotation/> (consulta: 5 de octubre de 2026).

[2] NASA Science. Tidal Locking. <https://science.nasa.gov/moon/tidal-locking/> (consulta: 5 de octubre de 2026).

[3] NASA Science. Moon Essentials from NASA's Scientific Visualization Studio. <https://science.nasa.gov/resource/moon-essentials-from-nasas-scientific-visualization-studio/> (consulta: 5 de octubre de 2026).

## ¿Cómo puede una nube mantenerse en el aire?

[1] US National Weather Service. Cloud Development. [https://www.weather.gov/source/zhu/ZHU\\_Training\\_Page/clouds/cloud\\_development/clouds.htm](https://www.weather.gov/source/zhu/ZHU_Training_Page/clouds/cloud_development/clouds.htm) (consulta: 5 de octubre de 2026).

[2] OpenStax. University Physics, Volume 1, §6.4, Drag Force and Terminal Speed. <https://openstax.org/books/university-physics-volume-1/pages/6-4-drag-force-and-terminal-speed> (consulta: 5 de octubre de 2026).

## ¿Por qué los rayos siguen trayectorias ramificadas?

[1] National Weather Service. Understanding Lightning: Initiation of a Stepped Leader. <https://www.weather.gov/safety/lightning-science-initiation-stepped-leader>

[2] National Weather Service. Understanding Lightning: Connection with the Ground. <https://www.weather.gov/safety/lightning-science-connection-ground>

[3] S. Nijdam, J. Teunissen and U. Ebert. The physics of streamer discharge phenomena. Plasma Sources Science and Technology 29, 103001 (2020). <https://doi.org/10.1088/1361-6595/abaa05>

[4] Z. Wang, S. Dijcks, Y. Guo, M. van der Leegte, A. Sun, U. Ebert, S. Nijdam and J. Teunissen. Quantitative modeling of streamer discharge branching in air. Plasma Sources Science and Technology 32, 085007 (2023). <https://doi.org/10.1088/1361-6595/ace9fa> Manuscrito del autor en acceso abierto: <https://arxiv.org/abs/2208.07279>

## ¿Por qué el océano es salado y la lluvia no?

[1] NOAA National Ocean Service. Why is the ocean salty? <https://oceanservice.noaa.gov/facts/whysalty.html>

[2] NOAA Ocean Exploration. Factsheet: Hydrothermal Vents. <https://oceanexplorer.noaa.gov/wp-content/uploads/2022/10/hydrothermal-vents-fact-sheet.pdf>

[3] NOAA JetStream. Sea Water. <https://www.noaa.gov/jetstream/ocean/sea-water>

[4] US Geological Survey. Why is the Ocean Salty? <https://www.usgs.gov/water-science-school/science/why-ocean-salty>

[5] NOAA. Aerosols, Weather and Climate. State of the Science Fact Sheet (agosto de 2022). <https://csl.noaa.gov/factsheets/aerosolsweatherclimatesos.pdf>

## ¿Por qué se encuentran fósiles marinos en lo alto de las montañas?

[1] National Park Service, Grand Teton National Park. Fossils. <https://www.nps.gov/grte/learn/nature/fossils.htm>

[2] National Park Service, Grand Teton National Park. Geologic Activity. <https://www.nps.gov/grte/learn/nature/geology.htm>

[3] National Park Service, Grand Teton National Park. Teton Fault.  
<https://www.nps.gov/grte/learn/nature/faults.htm>

## ¿Por qué es tan difícil predecir un terremoto?

[1] US Geological Survey. Can you predict earthquakes?  
<https://www.usgs.gov/faqs/can-you-predict-earthquakes>

[2] National Park Service, Grand Teton National Park. Teton Fault.  
<https://www.nps.gov/grte/learn/nature/faults.htm>

[3] US Geological Survey. What is the difference between earthquake early warning, earthquake forecasts, earthquake probabilities, and earthquake prediction? <https://www.usgs.gov/faqs/what-difference-between-earthquake-early-warning-earthquake-forecasts-earthquake-probabilities>

## ¿Cómo podemos estimar el clima futuro sin conocer el tiempo de cada día?

[1] IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Capítulo 4: Future Global Climate: Scenario-Based Projections and Near-Term Information.  
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-4/>

[2] IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers, especialmente la figura SPM.5 y el apartado C.1.  
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/summary-for-policymakers/>

## ¿Por qué los ríos forman curvas?

[1] C. A. Braudrick, W. E. Dietrich, G. T. Leverich and L. S. Sklar. Experimental evidence for the conditions necessary to sustain meandering in coarse-bedded rivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(40), 16936–16941 (2009). <https://doi.org/10.1073/pnas.0909417106>

[2] K. Whipple. Flow Around Bends: Meander Evolution. Lección III, Surface Processes and Landscape Evolution, MIT OpenCourseWare (septiembre de 2004). [https://ocw.mit.edu/courses/12-163-surface-processes-and-landscape-evolution-fall-2004/3aa6d00113cc4b115d0c97630585e198\\_3\\_flow\\_around\\_bends.pdf](https://ocw.mit.edu/courses/12-163-surface-processes-and-landscape-evolution-fall-2004/3aa6d00113cc4b115d0c97630585e198_3_flow_around_bends.pdf)

## ¿Puede un bosque seguir absorbiendo carbono indefinidamente?

[1] IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Capítulo 5: Global Carbon and Other Biogeochemical Cycles and Feedbacks. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-5/>

[2] S. Luyssaert et al. Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature* 455, 213–215 (2008).  
<https://doi.org/10.1038/nature07276>

[3] P. Gundersen, E. E. Thybring, T. Nord-Larsen, L. Vesterdal, K. J. Nadelhoffer and V. K. Johannsen. Old-growth forest carbon sinks overestimated. *Nature* 591, E21–E23 (2021).  
<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03266-z>

[4] S. Luyssaert, E.-D. Schulze, A. Knohl, B. E. Law, P. Ciais and J. Grace. Reply to: Old-growth forest carbon sinks overestimated. *Nature* 591, E24–E25 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03267-y>

## ¿Por qué la pérdida de una especie puede cambiar un ecosistema?

[1] R. T. Paine. Food Web Complexity and Species Diversity. *The American Naturalist* 100(910), 65–75 (1966). <https://doi.org/10.1086/282400>

[2] OpenStax. Biology 2e, apartado 45.6: Community Ecology.  
<https://openstax.org/books/biology-2e/pages/45-6-community-ecology>

## ¿Por qué puede apagarse una llama aunque quede combustible?

- [1] C. Li, J. T'ien and M. Johnston. Extinction of the Stagnation Point Diffusion Flame: Effect of Conductive Heat Loss into Solid Interior. Trabajo presentado en el 13th US National Meeting of the Combustion Institute, College Station, TX (2023). NASA Technical Reports Server 20230000860. <https://ntrs.nasa.gov/citations/20230000860>
- [2] OpenStax. Chemistry 2e, apartado 12.5: Collision Theory. <https://openstax.org/books/chemistry-2e/pages/12-5-collision-theory>
- [3] NASA. Solid Fuel Ignition and Extinction: Material Ignition and Suppression Test (SoFIE-MIST). <https://science.nasa.gov/biological-physical/investigations/sofie-mist/>

## ¿Por qué muchas hojas son verdes?

- [1] OpenStax. Biology 2e, apartado 8.2: The Light-Dependent Reactions of Photosynthesis. <https://openstax.org/books/biology-2e/pages/8-2-the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis>
- [2] I. Terashima, T. Fujita, T. Inoue, W. S. Chow and R. Oguchi. Green light drives leaf photosynthesis more efficiently than red light in strong white light: Revisiting the enigmatic question of why leaves are green. Plant and Cell Physiology 50(4), 684–697 (2009). <https://doi.org/10.1093/pcp/pcp034>
- [3] NASA Earth Observatory. Seeing Leaves in a New Light. <https://science.nasa.gov/earth/earth-observatory/seeing-leaves-in-a-new-light/>

## ¿De dónde obtiene un árbol la mayor parte de su masa seca?

- [1] OpenStax. Biology 2e, apartado 31.1: Nutritional Requirements of Plants. <https://openstax.org/books/biology-2e/pages/31-1-nutritional-requirements-of-plants>
- [2] OpenStax. Biology 2e, apartado 8.3: Using Light Energy to Make Organic Molecules. <https://openstax.org/books/biology-2e/pages/8-3-using-light-energy-to-make-organic-molecules>

## ¿Cómo puede una semilla seguir viva sin crecer?

- [1] N. Sajeev, M. Koornneef and L. Bentsink. A commitment for life: Decades of unraveling the molecular mechanisms behind seed dormancy and germination. The Plant Cell 36, 1358–1376 (2024). <https://doi.org/10.1093/plcell/koad328>
- [2] W. Waterworth, A. Balobaid and C. West. Seed longevity and genome damage. Bioscience Reports 44, BSR20230809 (2024). <https://doi.org/10.1042/BSR20230809>

## ¿Por qué puede persistir la resistencia tras dejar de usar un antibiótico?

- [1] D. I. Andersson and D. Hughes. Antibiotic resistance and its cost: is it possible to reverse resistance? Nature Reviews Microbiology 8, 260–271 (2010). <https://doi.org/10.1038/nrmicro2319>
- [2] P. Schulz zur Wiesch, J. Engelstädter and S. Bonhoeffer. Compensation of Fitness Costs and Reversibility of Antibiotic Resistance Mutations. Antimicrobial Agents and Chemotherapy 54, 2085–2095 (2010). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2863634/>

## ¿Por qué persiste la reproducción sexual?

- [1] S. P. Otto. The evolutionary enigma of sex. The American Naturalist 174, suplemento 1, S1–S14 (2009). <https://doi.org/10.1086/599084>
- [2] L. T. Morran, O. G. Schmidt, I. A. Gelarden, R. C. Parrish II and C. M. Lively. Running with the Red Queen: Host-parasite coevolution selects for biparental sex. Science 333, 216–218 (2011). <https://doi.org/10.1126/science.1206360>

## ¿Por qué son diferentes los hermanos?

[1] OpenStax. Biology 2e, apartado 11.1: The Process of Meiosis.  
<https://openstax.org/books/biology-2e/pages/11-1-the-process-of-meiosis>

[2] National Human Genome Research Institute. Homologous Recombination.  
<https://www.genome.gov/genetics-glossary/homologous-recombination>

[3] National Human Genome Research Institute. Cloning Fact Sheet.  
<https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Cloning-Fact-Sheet>

## ¿Cómo pueden realizar distintas funciones células con el mismo ADN?

[1] OpenStax. Biology 2e, apartado 16.1: Regulation of Gene Expression.  
<https://openstax.org/books/biology-2e/pages/16-1-regulation-of-gene-expression>

[2] The Tabula Sapiens Consortium. The Tabula Sapiens: A multiple-organ, single-cell transcriptomic atlas of humans. Science 376, eabl4896 (2022). <https://doi.org/10.1126/science.abl4896>

## ¿Cómo adquiere su forma un organismo en desarrollo?

[1] E. Izquierdo, T. Quinkler and S. De Renzis. Guided morphogenesis through optogenetic activation of Rho signalling during early Drosophila embryogenesis. Nature Communications 9, 2366 (2018).  
<https://doi.org/10.1038/s41467-018-04754-z>

[2] A. Bailles et al. Genetic induction and mechanochemical propagation of a morphogenetic wave. Nature 572, 467–473 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1492-9>

## ¿Por qué los seres vivos envejecen a ritmos distintos?

[1] O. R. Jones et al. Diversity of ageing across the tree of life. Nature 505, 169–173 (2014).  
<https://doi.org/10.1038/nature12789>

[2] C. López-Otín, M. A. Blasco, L. Partridge, M. Serrano and G. Kroemer. Hallmarks of aging: An expanding universe. Cell 186, 243–278 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.11.001>

## ¿Por qué necesitamos dormir?

[1] National Heart, Lung, and Blood Institute. How Sleep Works: Sleep Phases and Stages.  
<https://www.nhlbi.nih.gov/health/sleep/stages-of-sleep>

[2] R. D. Nath et al. The Jellyfish Cassiopea Exhibits a Sleep-like State. Current Biology 27, 2984–2990.e3 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.08.014>

[3] National Heart, Lung, and Blood Institute. How Sleep Works: Why Is Sleep Important?  
<https://www.nhlbi.nih.gov/health/sleep/why-sleep-important>

[4] L. Xie et al. Sleep Drives Metabolite Clearance from the Adult Brain. Science 342, 373–377 (2013).  
<https://doi.org/10.1126/science.1241224>

[5] A. Miao et al. Brain clearance is reduced during sleep and anesthesia. Nature Neuroscience 27, 1046–1050 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41593-024-01638-y>

[6] V. Plá et al. A curious concept of CNS clearance. Nature Neuroscience 28, 731–733 (2025).  
<https://doi.org/10.1038/s41593-025-01897-3>

[7] N. P. Franks and W. Wisden. Reply to: A curious concept of CNS clearance. Nature Neuroscience 28, 734–736 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41593-025-01898-2>

## ¿Por qué no notamos el punto ciego de nuestra visión?

[1] H. Komatsu, M. Kinoshita and I. Murakami. Neural Responses in the Retinotopic Representation of the Blind Spot in the Macaque V1 to Stimuli for Perceptual Filling-In. Journal of Neuroscience 20, 9310–9319 (2000). <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.20-24-09310.2000>

[2] H. Komatsu. The neural mechanisms of perceptual filling-in. Nature Reviews Neuroscience 7, 220–231 (2006). <https://doi.org/10.1038/nrn1869>

## ¿Pueden dos luces distintas parecer del mismo color?

[1] CIE. International Lighting Vocabulary, término 17-23-006: metamerism.

<https://cie.co.at/eilvterm/17-23-006>

[2] Colour and Vision Research Laboratory. Human cone spectral sensitivities or cone fundamentals.

<https://www.cvrl.org/cones.htm>

[3] CIE. Special metamerism index: Change in observer.

<https://www.cie.co.at/publications/special-metamerism-index-change-observer>

## ¿Por qué un olor puede evocar un recuerdo?

[1] Herz, R. S., and Schooler, J. W. A naturalistic study of autobiographical memories evoked by olfactory and visual cues: testing the Proustian hypothesis. *American Journal of Psychology* 115(1), 21-32 (2002). <https://doi.org/10.2307/1423672>

[2] Willander, J., Sikström, S., and Karlsson, K. Multimodal retrieval of autobiographical memories: sensory information contributes differently to the recollection of events. *Frontiers in Psychology* 6, 1681 (2015). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01681>

## ¿Por qué una hora puede parecernos corta o larga?

[1] Block, R. A., Hancock, P. A., and Zakay, D. How cognitive load affects duration judgments: A meta-analytic review. *Acta Psychologica* 134(3), 330-343 (2010).

<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.03.006>

## ¿Cómo aprenden los niños palabras que nadie les ha enseñado?

[1] Saffran, J. R., Aslin, R. N., and Newport, E. L. Statistical learning by 8-month-old infants. *Science* 274(5294), 1926-1928 (1996). <https://doi.org/10.1126/science.274.5294.1926>

[2] Smith, L., and Yu, C. Infants rapidly learn word-referent mappings via cross-situational statistics. *Cognition* 106(3), 1558-1568 (2008). <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.06.010>

## ¿Cómo pueden orientarse las aves sobre un océano?

[1] Gagliardo, A., et al. Oceanic navigation in Cory's shearwaters: evidence for a crucial role of olfactory cues for homing after displacement. *Journal of Experimental Biology* 216, 2798-2805 (2013). <https://doi.org/10.1242/jeb.085738>

[2] Reynolds, A. M., et al. Pelagic seabird flight patterns are consistent with a reliance on olfactory maps for oceanic navigation. *Proceedings of the Royal Society B* 282, 20150468 (2015). <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.0468>

[3] Xu, J., et al. Magnetic sensitivity of cryptochrome 4 from a migratory songbird. *Nature* 594, 535-540 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03618-9>

## ¿Cómo reconocemos la inteligencia de un animal muy diferente de nosotros?

[1] MacLean, E. L., et al. The evolution of self-control. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(20), E2140-E2148 (2014). <https://doi.org/10.1073/pnas.1323533111>

[2] Kabadayi, C., et al. Ravens, New Caledonian crows and jackdaws parallel great apes in motor self-regulation despite smaller brains. *Royal Society Open Science* 3, 160104 (2016). <https://doi.org/10.1098/rsos.160104>

## ¿Por qué puede un público empezar a aplaudir al mismo ritmo?

[1] Neda, Z., Ravasz, E., Brechet, Y., Vicsek, T., and Barabási, A. L. The sound of many hands clapping. *Nature* 403, 849-850 (2000). <https://doi.org/10.1038/35002660>

[2] Néda, Z., Ravasz, E., Vicsek, T., Brechet, Y., and Barabási, A. L. Physics of the rhythmic applause. *Physical Review E* 61, 6987–6992 (2000). <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.61.6987>

## ¿Cómo podemos entender el habla en una sala ruidosa?

[1] Wang, X., and Xu, L. Speech perception in noise: Masking and unmasking. *Journal of Otology* 16(2), 109–119 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.joto.2020.12.001>

[2] Mesgarani, N., and Chang, E. F. Selective cortical representation of attended speaker in multi-talker speech perception. *Nature* 485, 233–236 (2012). <https://doi.org/10.1038/nature11020>

## ¿Existe un número primo mayor que todos los demás?

[1] Euclid. *Elements*, libro IX, proposición 20. Edición electrónica y comentarios de David E. Joyce, Clark University. <https://mathcs.clarku.edu/~djoyce/elements/bookIX/propIX20.html>

## ¿Cómo podemos saber que un nudo no se puede deshacer?

[1] Hoberg, R. *Knots and Braids*. Trabajo del programa REU de la Universidad de Chicago, 26 de agosto de 2011, §3. <https://math.uchicago.edu/~may/VIGRE/VIGRE2011/REUPapers/Hoberg.pdf>

## ¿Puede una figura tener área finita y perímetro infinito?

[1] American Mathematical Society, Graduate Student Blog. “Koch Snowflake.” 21 de diciembre de 2013. <https://blogs.ams.org/mathgradblog/2013/12/21/koch-snowflake/>

## ¿Por qué añadir una carretera puede empeorar el tráfico?

[1] Braess, D., Nagurney, A., and Wakolbinger, T. “On a Paradox of Traffic Planning.” *Transportation Science* 39(4), 446–450 (2005). Traducción inglesa del artículo de Braess de 1968. <https://doi.org/10.1287/trsc.1050.0127>

## ¿Cómo puede ser erróneo un resultado positivo?

[1] Hoffrage, U., Krauss, S., Martignon, L., and Gigerenzer, G. “Natural frequencies improve Bayesian reasoning in simple and complex inference tasks.” *Frontiers in Psychology* 6, 1473 (2015). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01473>

## ¿Qué puede revelar el alivio del dolor sobre la experiencia de un pulpo?

[1] Crook, R. J. Behavioral and neurophysiological evidence suggests affective pain experience in octopus. *iScience* 24(3), 102229 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102229>

[2] International Association for the Study of Pain. Terminology: Pain and Nociception. Consulta: 7 de octubre de 2026. <https://www.iasp-pain.org/resources/terminology/>

[3] King, T., et al. Unmasking the tonic-aversive state in neuropathic pain. *Nature Neuroscience* 12, 1364–1366 (2009). <https://doi.org/10.1038/nn.2407>