



# ¿Por qué confiar en la ciencia?

---

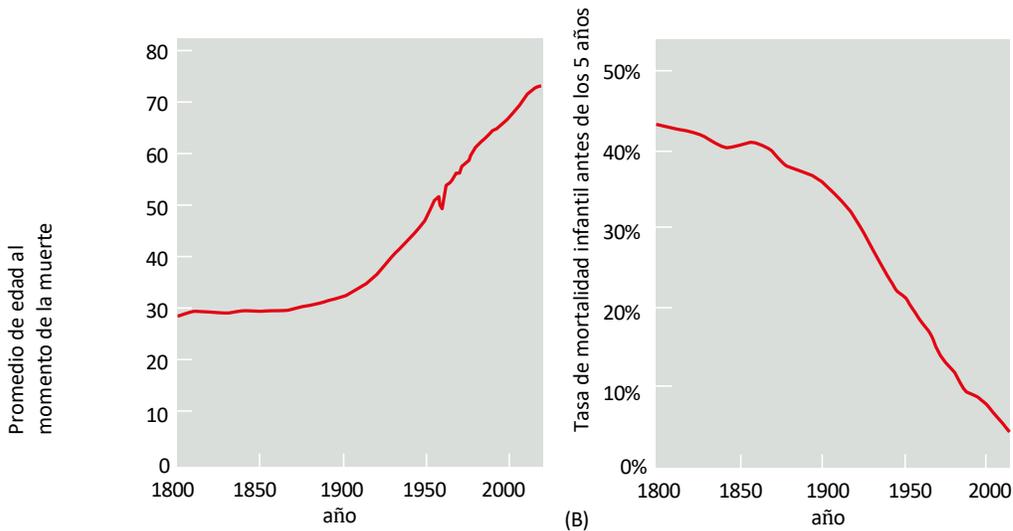
*Un breve ensayo para ayudar a difundir la comprensión de cómo se produce el conocimiento científico, al tiempo que sugiere un nuevo enfoque para la educación científica en todos los niveles.*

Los productos de la ciencia y los esfuerzos de los científicos enriquecen nuestra vida cotidiana. Tal vez te hayas topado con este ensayo mientras buscabas en Internet información para una tarea o algo interesante para leer. Antes de 1990, Internet ni siquiera existía. Sin embargo, ahora lo usamos para todo, desde ver videos y escuchar música hasta pedir comidas y mantenernos en contacto con familiares y amigos.

Internet es solo un ejemplo de cómo la ciencia y la tecnología han cambiado la forma en que vivimos. Piense en la electricidad, los automóviles y las computadoras, sin mencionar los avances médicos que nos permiten vivir el doble de lo que vivieron nuestros antepasados hace solo un par de cientos de años.

La mayoría de nosotros no pasamos mucho tiempo pensando en estas cosas, porque realmente no tenemos que hacerlo. Confiamos en que las tecnologías funcionaran. Confiamos en que cuando conectemos nuestro teléfono, la batería se cargará.

Confiamos en que cuando nos subamos al coche, el motor convertirá la energía química contenida en la gasolina o en una batería en la energía cinética del movimiento.



(A)

**Una ciencia sólida y fiable ha mejorado la salud humana.** La esperanza de vida se ha duplicado con creces en los últimos 200 años y la mortalidad infantil ha disminuido dramáticamente. Las innovaciones basadas en la investigación científica, como la sanitización, las vacunas, los antibióticos y los tratamientos para enfermedades, explican la mayoría de estas mejoras. (De Nuestro mundo en data.org).

Pero, ¿por qué confiamos en estas tecnologías que, para ser honestos, la mayoría de nosotros ni siquiera podemos comenzar a comprender completamente? ¿Cuántos de nosotros sabemos cómo funciona un teléfono inteligente o el motor de un automóvil o una batería recargable? ¿Alguna vez has terminado de ver el video de seguridad en un avión y te has preguntado cómo un avión tamaño jumbo que pesa cientos de toneladas puede despegar del suelo y surcar los cielos?.

Muy pocos de nosotros somos expertos en alguna de estas cosas. Aun así, confiamos en que podemos recargar nuestros teléfonos al final del día y que los aviones no caigan inexplicablemente del cielo. Confiamos en que estas cosas funcionen porque podemos confiar en la ingeniería que los produjo: los avances tecnológicos que fueron posibles gracias a principios derivados de una amplia observación y experimentación. En otras

---

... ¿Las afirmaciones científicas sobre las que leemos siempre son precisas y verdaderas?

---

palabras, confiamos en la ciencia subyacente.

Pero, ¿es toda la ciencia igual de fiable? Muchas de las historias que escuchamos en las noticias o encontramos en Internet comienzan con la frase: "un nuevo estudio demuestra..." Pero, ¿las afirmaciones científicas sobre las que leemos son siempre precisas y verdaderas? Si no es así, ¿cómo sabemos qué estudios son sólidos y confiables, y cuáles podrían estar mal diseñados? o incluso completamente ficticio, especialmente cuando carecemos de la experiencia para analizar el experimento y los datos nosotros mismos.

En este ensayo, abordamos la cuestión de por qué podemos confiar en la ciencia y cómo podemos identificar en qué afirmaciones científicas podemos confiar. Comenzamos explicando cómo los científicos trabajan juntos, como parte de una comunidad científica más grande, para generar conocimiento que sea confiable. Describimos cómo se construye el proceso científico basado en un consenso, y cómo la nueva evidencia puede cambiar la forma en que los científicos —y, en última instancia, el resto de nosotros— vemos el mundo. Por último, pero no menos importante, explicamos cómo, en nuestro rol de ciudadanos informados, todos podemos convertirnos en "forasteros competentes" que estén equipados para evaluar las afirmaciones científicas y sean capaces de separar los hechos científicos de la ciencia ficción.

## **La ciencia crea conocimiento a través de un esfuerzo comunitario.**

Cuando te imaginas a un científico, ¿qué se te viene a la mente? Tal vez te imagines a un químico trabajando largas y solitarias horas en una mesa de laboratorio, con una pizarra cubierta de ecuaciones y vasos de precipitados hirviendo en el fondo. O tal vez pienses en alguien como Gregorio Mendel, el monje austriaco que a veces se describe como el padre de la genética, solo en el jardín de su abadía, examinando meticulosamente generación tras generación sus plantas de guisantes cuidadosamente criadas.

Si es así, es posible que se sorprenda al saber que la ciencia, particularmente la ciencia moderna, es en gran medida un deporte de equipo. En cualquier campo de la ciencia, desde la astronomía hasta la zoología, los investigadores trabajan entre sí



Cortésia de Lizzy Mwamburi

dentro de la comunidad científica más amplia. Estos investigadores comparten sus datos en publicaciones y debaten sus hallazgos en conferencias. Escriben propuestas de investigación que son revisadas por sus pares científicos. Dan conferencias en las que otros escudriñan y evalúan todo, desde sus métodos a cómo interpretan sus resultados. Colaboran con colegas, e interactúan con competidores, que forman parte de una vasta red de científicos con sede en instituciones de todo el mundo, incluidas muchas en el sur global y el mundo en desarrollo. Como Ludwik Fleck, un microbiólogo polaco que también estudió la sociología de la ciencia, dijo: "Un investigador verdaderamente aislado es imposible... Pensar es una actividad colectiva".

---

La ciencia,  
particularmente  
la ciencia  
moderna, es en  
gran medida un  
deporte de  
equipo... Pensar  
es un actividad  
colectiva.

---

En respuesta a estas críticas colectivas, los investigadores idean estrategias aún más rigurosas para poner a prueba sus teorías y conceptos. Los científicos, tanto los descubridores originales como los que están fuera del grupo, ajustan sus hipótesis y acomodan mejor todos los datos disponibles. Si dos cabezas son mejores que una, cuando se trata de ciencia, cientos y tal vez incluso miles de los investigadores a menudo juntan sus mentes para reflexionar sobre un problema y probar experimentalmente, y volver a probar, la solución propuesta. De esta manera, la comunidad científica se esfuerza por llegar a un consenso.

Por supuesto, los científicos, como cualquiera, pueden cometer errores. Pero, como grupo, los científicos son profesionales que han dedicado su vida a tratar de entender el mundo en el que vivimos. Por lo tanto, nosotros debemos valorar su formación y experiencia de la misma manera que confiamos en los mecánicos, pilotos y controladores aéreos que trabajan juntos para garantizar que nuestros vuelos despeguen y aterricen de forma segura. Los científicos están entrenados para examinar todo lo que ven con ojo analítico. Entonces, cuando tenemos preguntas que, por naturaleza, requieren una investigación metódica y rigurosa, tiene sentido que recurramos a los científicos para que nos ayuden a encontrar las respuestas.

## La ciencia se corrige a sí misma porque los científicos son críticos de su propio trabajo.

Cuando aprendemos por primera vez sobre "el método científico", se nos dice que un científico hace observaciones y luego desarrolla una hipótesis —una propuesta que explique esas observaciones— que pueda ser probada por algún tipo de experimento. Si los resultados apoyan las hipótesis, estas hipótesis se confirman y el investigador puede a continuación, realizar una investigación adicional para detallar aún más su modelo.

Pero esa imagen está muy simplificada. En realidad, las hipótesis son propuestas que se formulan para ser refutadas. Los científicos están entrenados para ser escépticos, incluso (o especialmente) de sus propias hipótesis. Los buenos científicos operan con el conocimiento de que sus ideas o modelos iniciales pueden requerir una revisión o incluso un rechazo rotundo. Algunos incluso podrían argumentar que un importante objetivo de la ciencia es eliminar las nociones erróneas, los resultados irreproducibles y las interpretaciones incorrectas. Debido a que la ciencia avanza a través de una rigurosa prueba de hipótesis entre científicos de la comunidad, corrige sus propios errores. Un riguroso sistema de controles y equilibrios está "incorporado" al método científico, alejándonos de la desinformación y acercándonos a una forma cada vez más precisa y una comprensión confiable del mundo.

Una aplicación saludable del escepticismo permite que la ciencia progrese. Pero solo lo hace porque, como comunidad, los científicos comparten un conjunto similar de valores. En su libro

*Ciencia y Valores Humanos*, Jacob Bronowski, físico y filósofo, señaló: "La ciencia confronta el trabajo de un [investigador] con la de otro y los inserta uno sobre otro; no puede sobrevivir sin justicia, honor y respeto. Sólo por estos medios puede la ciencia perseguir su firme objetivo, explorar la verdad".

---

Un riguroso sistema de controles y equilibrios está "incorporado" al método científico.

---



## Las prácticas compartidas aumentan la precisión de los hallazgos científicos.

Los valores compartidos por sí solos no son suficientes para que la ciencia se autocorrija. A lo largo del tiempo, la comunidad científica ha desarrollado un conjunto de prácticas críticas que facilitan la verificación constante del conocimiento necesario para el progreso de la ciencia. Estas prácticas permiten a los investigadores "verificar su trabajo" identificando problemas potenciales en sus teorías y experimentos, lo que les permite realizar las correcciones necesarias.

**1. Replicación independiente.** Cuando los investigadores publican su trabajo, proporcionan descripciones completas de los procedimientos experimentales que siguieron. Muchas publicaciones incluyen una lista de todos los materiales que se utilizaron, así como dónde se compraron los ingredientes, cómo se prepararon e incluso qué números de lote aparecen en el costado de la botella. Este nivel de detalle insoportable está diseñado para permitir que otros miembros de la comunidad reproduzcan el experimento original (o realicen uno que sea muy similar). De esta manera, los científicos pueden corroborar o agregar fácilmente los resultados de los demás, o identificar un problema con el estudio original.

### 2. Ensayos controlados aleatorizados.

Para determinar si un nuevo medicamento o vacuna (o incluso un plan de estudios de ciencias de la escuela secundaria) es más efectivo del que se usa actualmente, los científicos comparan lo que le sucede a un grupo de personas que reciben la nueva intervención con un grupo de "control" que la que no la recibe. Para asegurarse de que estos dos grupos no difieren en algunos aspectos significativos (por ejemplo, uno con personas que son todas décadas mayores que en el otro), estos estudios asignan aleatoriamente a los participantes a cada grupo: algunos para recibir el tratamiento experimental y otros para recibir el tratamiento convencional actual o un placebo, una sustancia inactiva o un tratamiento falso (o "ficticio"). Estos ensayos controlados aleatorios representan el enfoque de referencia para determinar, con certeza, si un nuevo tratamiento es eficaz y seguro.

**3. Análisis ciego.** Cuando los científicos diseñan y llevan a cabo sus experimentos, ¿qué les impide (ya sea intencionalmente o no) informar selectivamente los datos que respaldan sus hipótesis?

---

La comunidad científica ha desarrollado un conjunto de prácticas críticas ... necesario para que la ciencia progrese.

---

Para evitar que este tipo de sesgos se introduzca, los científicos pueden utilizar un "análisis ciego" para evitar "ver las respuestas" antes de tiempo. Por ejemplo, en un ensayo clínico para probar la eficacia de un medicamento o una vacuna, los investigadores que realizan el estudio generalmente no saben qué participantes reciben el tratamiento y quienes reciben un placebo. Muy a menudo, los propios participantes tampoco lo saben, lo que garantiza que nadie involucrado en el estudio pueda influir inadvertidamente en los resultados.

**4. Validación estadística.** Los datos científicos siempre exhibirán algún grado de variabilidad, por lo que los investigadores utilizan los análisis estadísticos para evaluar la probabilidad de que un resultado en particular sea "real", en lugar de algo que podría haber sucedido por casualidad. Para evitar ser engañados, los buenos científicos diseñan sus experimentos con todos los controles apropiados, muestras replicadas y un tamaño total de muestra que es lo suficientemente grande como para asegurarles que sus resultados son significativos y no simplemente se deben a la suerte.

**5. Revisión por pares.** Todo lo que hacen los científicos está sujeto a revisión por parte de sus colegas. Incluso antes de comenzar su investigación, los investigadores suelen presentar solicitudes de financiación para pagar sus experimentos, explicando lo que pretenden hacer y cómo pretenden hacerlo. Estas solicitudes son evaluadas por otros investigadores para

asegurarse de que solo los proyectos bien diseñados recibirán respaldo financiero. Los artículos que los científicos escriben para describir su investigación se evalúan de manera similar antes de ser publicados en revistas "revisadas por pares". En este proceso, los científicos con la experiencia requerida (cuyas identidades generalmente no se revelan a los autores del estudio) dan su opinión sobre el artículo antes de que sea aceptado para su publicación. Por último, pero no menos importante, una vez que se publican los trabajos de investigación, toda la información que presentan es objeto de crítica por parte de la comunidad científica en general.

---

Aunque los científicos individuales pueden equivocarse, las correcciones impulsadas por la comunidad permiten que el campo progrese hacia una comprensión cada vez mayor.

---

Al publicar sus resultados y someter sus métodos y análisis a una revisión crítica, los científicos facilitan el intercambio de ideas, desafían hipótesis e interpretaciones, y se animan mutuamente a reevaluar continuamente sus teorías y refinar sus conclusiones. Por lo tanto, aunque los científicos individuales pueden equivocarse, las correcciones impulsadas por la comunidad permiten que el campo progrese hacia una comprensión cada vez mayor.

Solo las afirmaciones que han pasado las rigurosas pruebas de la experimentación y la crítica de toda la comunidad se aceptan como provisionalmente válidas, lo que nos lleva hacia un consenso que es válido y en el que podemos confiar. Como dice la científica e historiadora Naomi Oreskes en su libro *Por qué confiar en la ciencia*: "... La base de nuestra confianza no está en los científicos, como individuos sabios o rectos, sino en la ciencia como un proceso social que examina rigurosamente las afirmaciones".

## **La ciencia es un sistema para comprender el mundo que genera predicciones comprobables.**

La ciencia no progresa simplemente confirmando la misma información, bajo el mismo conjunto de circunstancias, una y otra vez. La belleza de la empresa científica es que utiliza observaciones y experimentos anteriores para predecir cómo el mundo de la naturaleza se comportará en el futuro. Lo hace mediante la producción de modelos: marcos conceptuales de cómo funcionan las cosas. Estos modelos son probados repetidamente por investigadores en otros laboratorios, e incluso en otros campos de la ciencia, para determinar si siempre son ciertos. Los nuevos experimentos pueden confirmar un modelo, introducir modificaciones

pequeñas o grandes, o provocar su rechazo y reemplazo por uno que se adapte mejor a todos los datos.

De esta manera, la ciencia ha producido una vasta red de conocimiento interconectado y bien establecido que nos permite no solo describir o dar cuenta de las cosas que observamos hoy, sino predecir lo que sucederá



mañana, el próximo martes y dentro de 100 años. A finales de 1600, Sir Isaac Newton ideó sus leyes del movimiento para explicar cómo las fuerzas físicas afectan el movimiento de objetos. Estas leyes siguen siendo válidas hoy en día.

En cualquier lugar del planeta, podemos usarlos para medir qué tan rápido hay que correr para interceptar un pase, o cómo hacer una voltereta en una patineta. Pero también se aplican las mismas leyes en el espacio, donde pueden predecir, con una precisión casi asombrosa, cuándo tendrá lugar el próximo eclipse solar, cuánto combustible necesita obtener un cohete a Marte, o si detonar una explosión dirigida con precisión proporcionará suficiente fuerza para alterar la trayectoria de un asteroide que, de otro modo, podría colisionar con la Tierra en cinco meses, cinco años, o cinco siglos.

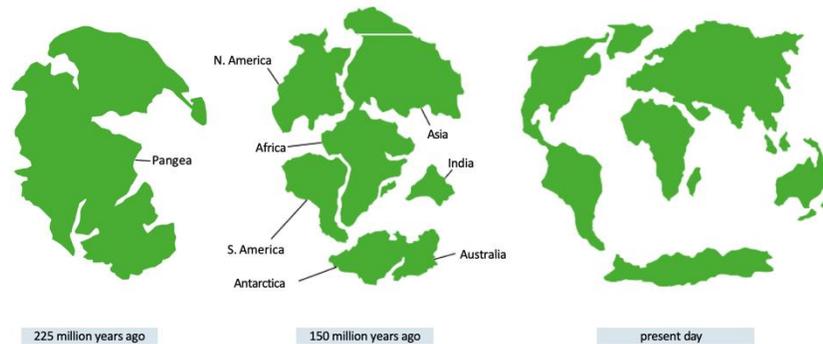
**El pensamiento científico se perfecciona continuamente con nuevas evidencias y, a veces, puede producir un cambio importante en la forma en que vemos el mundo.**

Está claro que la ciencia es un proceso iterativo e interminable de exploración y análisis en el que incluso las ideas populares son reevalúadas continuamente a medida que los científicos realizan nuevas observaciones y recopilan nuevas pruebas. A medida que los métodos disponibles para realizar estas observaciones se vuelven cada vez más poderosos, no solo alimentan nuevos descubrimientos, sino que permiten que las ideas más antiguas se revisen con nuevos ojos. En algunos casos, la nueva evidencia puede cambiar totalmente la forma en que vemos el mundo.

A principios del siglo XX, por ejemplo, los científicos tenían un puñado de teorías sobre el movimiento de los continentes en la Tierra. Uno sostenía que se formaron temprano en la historia geológica y permanecieron justo donde surgieron. Otro propuso que la Tierra joven se había contraído a medida que se enfriaba, haciendo que su superficie se doblara y se plegara como la piel de una pasa seca. Esas arrugas, se pensaba, hacían que la Tierra se desplazara hacia arriba o hacia abajo, formando las crestas de las cadenas montañosas y los fondos oceánicos profundos y hundidos.

Luego, a principios de 1900, un meteorólogo alemán, Alfred Wegener, estaba contemplando cómo, en un mapa del mundo, los contornos de América del Sur y África parecían encajar, como las piezas de un rompecabezas. Hizo la asombrosa propuesta de que todos los continentes de la Tierra se movían lateralmente a través

de su superficie, y que una vez habían sido parte de una sola gran masa, llamada Pangea, que se separó gradualmente a lo largo de cientos de millones de años.



**La teoría de la tectónica de placas revela cómo se cree actualmente que los continentes se han movido con el tiempo.** Aunque el concepto de deriva continental se propuso hace más de un siglo, se necesitaron décadas de observación y el desarrollo de nuevas tecnologías para acumular la evidencia necesaria para confirmar el concepto audaz y sorprendente, que inicialmente se pensó que era imposible, de que los continentes se están arrastrando lentamente a través de la superficie de la Tierra.

Pero la evidencia sólida de que el suelo sobre el que nos encontramos no es tan estable como parece no llegaría hasta la década de 1950, cuando los geólogos utilizaron el sonar para cartografiar el fondo oceánico. En lugar de la superficie lisa que esperaban descubrieron cadenas montañosas y fosas que se formaron a medida que se extendía el fondo marino. A lo largo de la década de 1960, los científicos continuaron investigando el fondo oceánico, estudiando la forma en que los materiales magnéticos se alineaban a medida que se formaban las rocas antiguas. Los datos que recopilaron mostraron que los continentes no solo se han desplazado entre sí, sino que también lo han hecho enormes bloques de la corteza terrestre, las llamadas "placas tectónicas" sobre las que se desplazan los continentes del planeta y sus océanos. Este lento deslizamiento, casi tan rápido como crecen las uñas, ahora se puede medir directamente utilizando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Y la observación y el estudio continuos de este fenómeno son críticos: es el movimiento de las placas tectónicas lo que da lugar a los volcanes y a los terremotos.



Cortesía de Tom Mumford, Univ. de Washington Friday Harbor Labs

## La mayor parte del conocimiento científico se construye gradualmente hacia un consenso confiable.

Aunque el proceso de investigación científica ocasionalmente conduce a cambios dramáticos en nuestra comprensión del mundo natural, como lo hizo con el hallazgo de placas tectónicas, la mayoría de los cambios en el conocimiento científico es mucho más gradual. A medida que se realizan más y más estudios, la comunidad avanza hacia una comprensión más profunda de un problema o pregunta, un pequeño paso a la vez.

Considere la idea de que las enfermedades pueden ser causadas por microorganismos. En los siglos XVIII y XIX, médicos y científicos curiosos con acceso a un microscopio informaron haber detectado gérmenes (entonces llamados animálculos o "animales pequeños") en heridas infectadas o muestras de sangre recogidas de personas con la peste y otras enfermedades terribles. Pero, ¿fueron estas diminutas criaturas la causa de la enfermedad?

El médico alemán Robert Koch fue el primero en relacionar un microorganismo específico con una enfermedad específica. Comenzó su trabajo estudiando el ántrax, una enfermedad que afectaba tanto al ganado como a los humanos. Al examinar la sangre ennegrecida de vacas y ovejas enfermas, Koch pudo ver lo que parecían ser pequeños palos o hilos. Nunca se encontraron los mismos palitos en la sangre de animales sanos. Luego, Koch sumergió una pequeña astilla de madera en la sangre de un animal enfermo y la usó para inocular a un ratón. Cuando ese ratón sucumbió al ántrax, Koch descubrió que su sangre también estaba repleta de los sospechosos palos.

Incluso entonces, Koch no podía estar seguro de que no hubiera algo más en su muestra que estuviera causando la enfermedad. Así que se acercó con una técnica para cultivar microbios en una placa de cultivo para que formaran colonias, cada una de las cuales contenía una población pura de un solo tipo de germen. Este cuidadoso enfoque paso a paso le permitió demostrar que un microbio específico, que



**El descubrimiento de que un tipo particular de microbio en forma de bastoncillo causa ántrax.** Esta fotografía, tomada a través de un microscopio por Robert Koch, fue publicada en 1877.

recolectó y luego cultivó en el laboratorio, podría causar una enfermedad específica y mortal.

Usando un enfoque similar, Koch descubrió el microbio que causa la tuberculosis (TB), uno que es distinto de los pequeños palitos que causan el ántrax. Por este trabajo, Koch fue galardonado con el Premio Nobel en 1905. Y muchos otros descubrimientos siguieron su ejemplo. Solo décadas más tarde, el mismo tipo de investigación llevaría al aislamiento del virus que causa la gripe. Los virus son aún más difíciles de estudiar que las bacterias porque son demasiado pequeños para ser vistos con un microscopio óptico. Por lo tanto, cuando los médicos observaron los hisopos nasales de personas enfermas de gripe, no pudieron ver un culpable obvio. Pero en 1933, investigadores en el Reino Unido hicieron "lavados de garganta" de las gárgaras de su colega enfermo y lo pasó a través de un filtro fino que eliminaría los objetos más grandes, incluidas las células. Lo que quedaba era un líquido que contenía algo tan diminuto que era invisible, pero tan infeccioso que cuando se goteaba en la fosa nasal de un hurón, le daba al animal todos los síntomas de la gripe, incluida la nariz tapada, los estornudos y la fiebre. Estos experimentos, que demostraron que la flema filtrada de una persona enferma pero no de una sana podía propagar la enfermedad, señaló a los investigadores el virus responsable de las repetidas epidemias de gripe que habían matado a muchos millones de personas en todo el mundo.

Hoy en día, los médicos e investigadores pueden recolectar muestras de personas con una enfermedad desconocida y usar poderosas tecnologías de ADN para detectar rápidamente genes que están asociados con cientos de virus, bacterias, parásitos y hongos causantes de enfermedades conocidas. Este enfoque condujo al rápido aislamiento e identificación del virus responsable de COVID. Determinar qué tipo de germen causa una infección es el primer paso hacia el desarrollo de vacunas y tratamientos que puedan retrasar o prevenir la enfermedad. En el caso de COVID, el descubrimiento inicial del virus fue seguido rápidamente por estudios sobre cómo ingresa a las células huésped y cómo se transmite de persona a persona, hallazgos que fueron confirmados rápidamente por múltiples laboratorios de todo el mundo. Esta comprensión impulsó el desarrollo y la administración de una nueva vacuna a miles de millones de personas a menos de un año después de los primeros informes de infección. Este rápido progreso desde un descubrimiento básico hasta un beneficio clínico muestra que, incluso con controles y equilibrios establecidos (incluidos los ensayos controlados y ciegos y la revisión por pares), la ciencia a veces puede llegar a un consenso en un tiempo récord.

## **Comprender el proceso científico puede ayudarnos a diferenciar entre la desinformación y la ciencia legítima.**

Gracias a la explosiva expansión de Internet y a la ineludible difusión de las redes sociales, la mayoría de nosotros tenemos ahora un acceso prácticamente ilimitado a una oleada de información, así como a la desinformación. Hoy en día, cualquiera puede promocionar productos o ideas a cientos, miles o incluso millones de personas con solo hacer clic en un botón. Lamentablemente, gran parte de esta información no es precisa. Las personas con un gran número de seguidores en línea, pero con poca formación científica, pueden publicar estudios dudosos o no confirmados, o incluso fabricarlos de la nada. Algunos abogan por creencias sinceras pero no científicas o refutadas, como el vínculo entre el autismo y las vacunas infantiles. Otros fomentan falsedades para obtener ganancias financieras, como los cabilderos de las compañías petroleras que niegan el papel que los combustibles fósiles están desempeñando en el cambio climático global. En este programa informativo de todos contra todos, las afirmaciones falsas a menudo se convierten en rápidamente sensacionalista y difundido a millones de personas.

---

Dado que no podemos ser expertos en la mayoría de los campos de la ciencia, ¿cómo podemos determinar si un estudio o historia en particular es confiable?

---

Todos necesitamos pensar críticamente cuando leemos o vemos historias en la web, en las redes sociales o en la prensa popular. Sin embargo, dado que no podemos ser expertos en la mayoría de los campos de la ciencia, ¿cómo podemos determinar si un estudio o historia es particularmente confiable? ¿Cómo podemos inocularnos contra ser engañados por falsedades o tergiversaciones científicas? Los investigadores dedicados a promover la alfabetización científica han ideado un proceso de tres pasos para separar los hechos científicos de la ciencia ficción. El primer paso, y quizás el más crítico, consiste en evaluar el origen de la afirmación. ¿Quién proporciona o promueve la información? ¿Tienen razones económicas o políticas para difundir estos puntos de vista? ¿Qué podrían estar vendiendo, si es que venden algo?

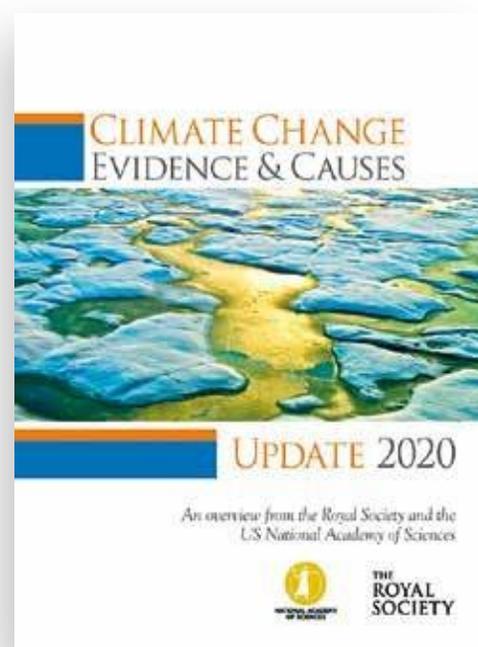
A continuación, es importante preguntarse si la fuente de la información tiene la experiencia y las credenciales necesarias

para validar su afirmación. ¿Cuentan con la formación adecuada (un médico o un estudiante de doctorado, por ejemplo) y ¿realizan investigaciones en ese campo en particular? Incluso científicos muy respetados pueden equivocarse cuando se aventuran demasiado lejos de sus áreas de especialización. No hace mucho tiempo, pequeños grupos de distinguidos físicos insistían en que no estaba claro que fumar causara cáncer, ponían en duda que la lluvia ácida fuera causada por las emisiones de las centrales eléctricas y (¡hasta su último aliento!) se oponían a la idea de que los gases de efecto invernadero causaban el cambio climático.

Está claro que tener un título avanzado no es necesariamente una garantía de que alguien actúe de forma ética. Los físicos que acabamos de mencionar fueron fuertemente apoyados por el respaldo financiero de las industrias que se beneficiaron de sus testimonios de "expertos". Por lo tanto, otro punto a considerar es si los expertos en cuestión son generalmente respetados por su pares científicos. Durante los primeros días de la pandemia de COVID-19, por ejemplo, un pequeño pero ruidoso grupo de médicos abogó por el uso de ivermectina (un medicamento antiparasitario para caballos) para prevenir la infección, una estrategia que no solo es ineficaz, sino que puede ser perjudicial. Algunos de estos médicos habían sido criticados previamente por sus colegas de la comunidad médica por promover otros tratamientos no probados e ineficaces. Sin embargo, continuaron publicando sus afirmaciones infundadas, que luego fueron amplificadas por personas influyentes sin ningún tipo de formación científica o médica.

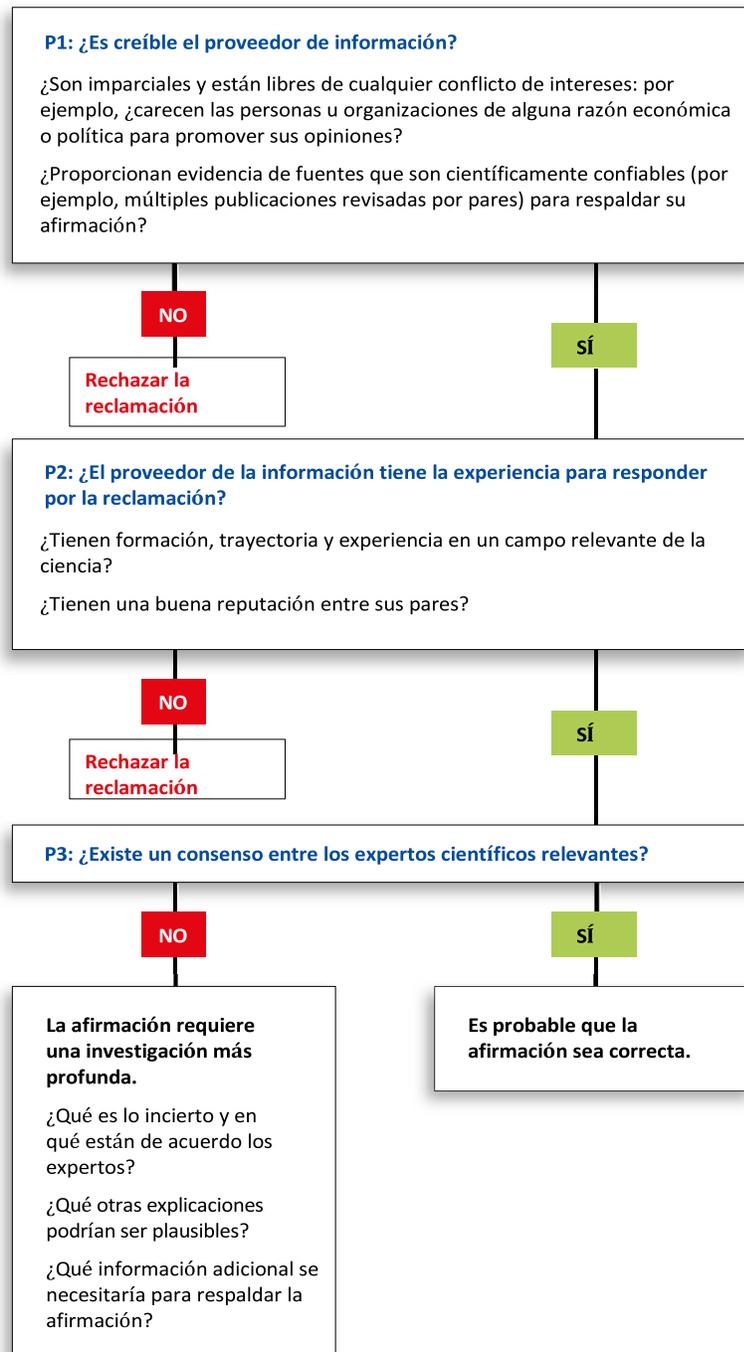
Pero, ¿qué sucede si la fuente de la historia parece creíble? En ese momento, es el momento de evaluar si existe un consenso científico. Esto a veces puede ser más difícil de discernir. Un buen lugar para comenzar podría ser el sitio web de una organización confiable, como un medio de comunicación respetado o el

National Academy of Sciences (en Estados Unidos) o la Royal Society (en el Reino Unido). En el caso del cambio climático, por ejemplo, la comunidad de climatólogos habla



**Un consenso científico sobre el cambio climático inducido por el hombre.** Este informe resumido fue elaborado conjuntamente por las academias de ciencias de los Estados Unidos y el Reino Unido.

con un amplio consenso cuando concluye que la actividad humana está contribuyendo al calentamiento global.



**Se puede utilizar un proceso simple de tres pasos para evaluar la información científica.** Este método "rápido y frugal" utiliza tres filtros para diferenciar entre las afirmaciones que no están respaldadas por la ciencia y las que sí lo están. (Adaptado de Jonathan Osborne y Daniel Pimentel, *Ciencia* 378: 246-248, 2022).

A menudo se hacen afirmaciones falsas o exageradas sobre productos destinados a la salud y el bienestar, incluso a la belleza.

Miles de millones de dólares se ganan cada año a través de la venta de suplementos y tratamientos que, en el mejor de los casos, hacen nada. El problema es que un estudio científico riguroso de estos productos sería prohibitivamente caro y casi imposible de realizar: los voluntarios no pueden ser recluidos en un laboratorio donde sus dietas y comportamientos pueden ser monitoreados meticulosamente durante años o incluso décadas. Pero se pueden obtener enormes ganancias vendiendo suplementos que supuestamente están "respaldados por la ciencia". Los llamados expertos que promueven estos productos podrían incluso insistir en que han sido "probados y son 100% efectivos". Por supuesto, cualquier afirmación que ofrezca una certeza absoluta siempre debe ser vista con sospecha. Uno no tiene que ser un experto en ningún campo de la ciencia para saber que tal declaración es, literalmente, demasiado buena para ser verdad.

## **Garantizar que la ciencia siga siendo fiable requiere una vigilancia constante.**

A estas alturas debería estar claro que toda la empresa científica se basa en la confianza. La integridad es tan esencial para la ciencia que Albert Einstein dijo una vez: "La mayoría de la gente dice que es el intelecto lo que hace a un gran científico. Se equivocan: es el carácter". Los científicos confían unos en otros para adherirse a las normas y prácticas que la comunidad ha establecido para permitir que todos los investigadores confíen

unos a otros y construyan sobre cada uno de los hallazgos de otros. Esta confianza es un factor fundamental del proceso iterativo de investigación que permite a los científicos llegar a un consenso y proporcionarnos conocimientos en los que podemos confiar.

---

Albert Einstein una vez comentó: "La mayoría de la gente dice que es el intelecto lo que hace a un gran científico. Se equivocan: es el carácter".

---

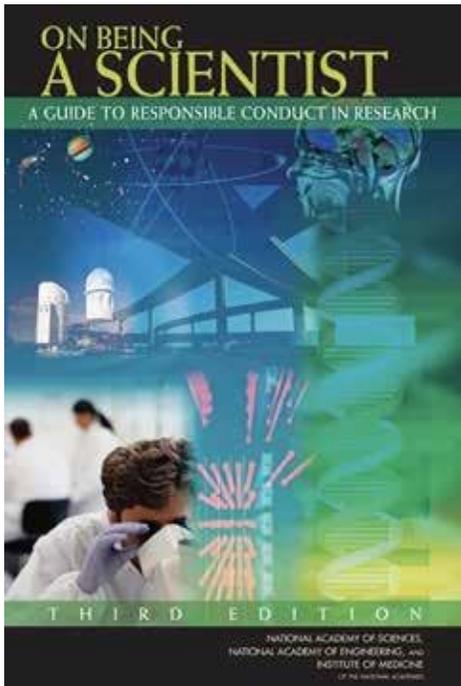
Al mismo tiempo, los científicos tienen la obligación de ser abiertos y honestos con todos nosotros. Gran parte de la investigación autorizada que encontramos en las noticias está respaldada por nuestros impuestos. Y las vidas pueden depender de si los estudios científicos se llevan a cabo con rigor y se presentan con precisión. Por lo tanto, los científicos tienen la responsabilidad ética de comunicar sus hallazgos de manera clara y directa, de explicar honestamente lo que significan sus conclusiones (y lo que no significan) y de hacer que sus datos estén lo más disponibles posible para el escrutinio público.

Esta política de apertura no surgió espontáneamente. La institución mundial de la ciencia, en su conjunto, ha trabajado durante mucho tiempo para establecer un sistema de valores e incentivos que recomiendan encarecidamente a los investigadores que sean meticulosos con su metodología y escrupulosos a la hora de compartir sus resultados. Por lo tanto, la comunidad científica desalienta activamente diversas formas de "mal comportamiento", incluida la publicación de datos fraudulentos o engañosos y la promoción de investigaciones no verificadas. Esta mala conducta puede desperdiciar recursos valiosos y fondos limitados, erosionar la confianza pública, obstaculizar el descubrimiento y alejarnos más de la verdad, socavando así el objetivo principal de la investigación científica.

---

Mantener los valores culturales de la ciencia requiere un aporte continuo de energía y atención.

---



**Las academias científicas educan a los jóvenes científicos sobre la práctica científica adecuada y también se esfuerzan por proteger la empresa científica.** Las Academias Nacionales de EE. UU. produjeron esta guía, que se puede descargar de forma gratuita, para describir lo que la conducta responsable en la ciencia se asemeja y fomenta las buenas prácticas para los científicos en formación.

Mantener los valores culturales de la ciencia requiere un aporte continuo de energía y atención. En el camino se encuentran venerables academias científicas, como la Royal Society del Reino Unido (fundada en 1660), la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos (firmada por el presidente Abraham Lincoln) y la Academia Mundial de Ciencias (una academia mundial de ciencias con sede en Trieste, Italia, que trabaja para promover la ciencia y la ingeniería para la prosperidad sostenible en el mundo en desarrollo). Instituciones como estas apuntalan los pilares de la ciencia educando a las futuras generaciones de científicos e inculcándoles valores y prácticas de la comunidad científica que se requieren para que la ciencia se mantenga saludable.

Al describir claramente cómo los investigadores pueden actuar de manera responsable y ética, y al esbozar algunos de los escollos a los que pueden enfrentarse los científicos en formación, estas instituciones fomentan esta práctica de una ciencia sólida y ayudan a erradicar la

mala praxis científica. Considere, por ejemplo, la publicación *On Being a Scientist*. Con ejemplos basados en experiencias del mundo real, esta guía permite a los estudiantes pensar en estudios de casos que reflejan dilemas que pueden enfrentar en sus propias carreras y los expone a problemas que son fundamentales para mantener los estándares y prácticas de la profesión científica.

Pero leer informes exhaustivos y extensos sobre la integridad científica no es suficiente. Los estudiantes aprenden a hacer buena ciencia con el ejemplo. Como escribe el bioeticista Paul Root Wolpe: "Comportarse éticamente es la principal forma en que los mentores transfieren los estándares éticos de su profesión a sus aprendices. Toda la formación ética formal del mundo no puede compensar a un mentor poco ético". Por lo tanto, los científicos de alto nivel deben practicar el tipo de comportamiento honrado que desean propagar.

**Para seguir siendo dignos de la confianza pública, los científicos deben vigilar sus propias filas para erradicar y castigar a aquellos que se comportan de manera poco ética.**

En un mundo ideal, ningún científico se alejaría jamás de una búsqueda virtuosa de la verdad. Desafortunadamente, los científicos, como todos los profesionales, no solo son humanos, sino que están bajo una intensa presión para tener éxito. Deben competir constantemente para obtener reconocimiento, becas de investigación y los becarios que necesitan para ayudarles a llevar a cabo su trabajo. A menudo deben trabajar rápidamente para evitar ser "atrapados", y buscan presentar sus hallazgos en las revistas más leídas (un fenómeno que a veces se denomina "publicar o perecer"). Esta presión siempre presente puede conducir a atajos en el proceso científico que pasan desapercibidos para la revisión por pares, como la manipulación de datos o imágenes por un miembro del equipo de investigación con el fin de crear una publicación más convincente. En un análisis realizado en 2009, alrededor del 2% de los científicos encuestados admitió haber fabricado, falsificado o modificado datos al menos una vez.

¿Cómo puede la comunidad científica prevenir este tipo de incumplimientos éticos? Las mejores prácticas y la conducta adecuada deben describirse, ejemplificarse y practicarse en todos los niveles de la empresa científica, desde los científicos individuales hasta sus instituciones y financiadores. Al mismo tiempo, todos estos participantes deben estar preparados para

identificar e investigar las denuncias de mala conducta. La tecnología puede ayudar: los programas de software, por ejemplo, pueden facilitar la detección de figuras manipuladas o texto plagiado.

Las transgresiones, una vez detectadas, deben dar lugar a sanciones formales. Estas pueden incluir la retractación de las publicaciones y la posterior corrección de los registros científicos, la suspensión o remoción de los autores de sus cargos, y la revocación de su financiamiento, ya sea temporal o permanentemente. En los casos en los que el mal comportamiento equivale a una violación de la ley, el individuo puede incluso enfrentar tiempo en prisión. Tal fue el caso del investigador chino que utilizó la edición genética para alterar irreversiblemente embriones humanos, una práctica que no solo es poco ética, sino que, según el consenso actual de la comunidad científica, es ilegal en China y en todo el mundo.

Al final, la responsabilidad de mejorar la imagen pública de la ciencia recae en gran medida en los propios científicos. Identificando y castigando enérgicamente a los "malos actores", al tiempo que se apoya y recompensa a aquellos que juegan limpio y operan con apertura y honestidad, así se podrá garantizar que la empresa científica mundial es confiable, como la comunidad de científicos y en la ciencia que producen.

## **La confianza en la ciencia es esencial para nuestro futuro como civilización.**

La ciencia ha producido una gama tan vasta de conocimiento sobre cómo funciona el mundo natural que no solo permite a la humanidad prever probables calamidades futuras, como el cambio climático o una colisión catastrófica con un asteroide lejano, sino también tomar medidas hoy para prevenirlas. Al producir predicciones confiables sobre eventos futuros, la ciencia hace que todas nuestras vidas sean más seguras.

Al mismo tiempo, la ciencia se está volviendo cada vez más central en muchas de las preocupaciones a las que nos enfrentamos actualmente, desde los peligros de las pandemias hasta las preocupaciones éticas que plantea el desarrollo de técnicas cada vez más poderosas para la ingeniería genética, incluida la nuestra. Tenemos que saber identificar la buena ciencia para poder hacer de la ciencia inteligente, decisiones razonadas sobre estos temas que afectan nuestras vidas personales, y para proteger la salud, la integridad y el futuro de la sociedad en su conjunto.

Con este ensayo, hemos tratado de proporcionar información sobre el proceso científico y cómo los científicos, como comunidad, se esfuerzan por descubrir la verdad sobre el mundo en el que vivimos. Aprender cómo la práctica de la ciencia conduce a nuevos conocimientos y puede ayudarnos a todos a convertirnos en consumidores más críticos de contenido científico y en pensadores y ciudadanos mejor informados y más seguros.

### **Mensajes claves para llevar**

La ciencia produce conocimiento confiable como un esfuerzo comunitario amplio, guiado por un conjunto crítico de estándares y valores.

Los valores científicos críticos incluyen la insistencia en la evidencia, la honestidad, una buena dosis de escepticismo y la apertura a nuevas interpretaciones e ideas.

Los estándares que respaldan estos valores incluyen la publicación de los detalles experimentales necesarios para que otros puedan replicar o refutar los hallazgos de uno, de forma aleatoria ensayos de control, análisis ciegos, validaciones estadísticas y revisión por pares.

Un consenso científico representa el mejor acercamiento de la humanidad a la verdad, pero nunca puede ser 100% seguro, ya que debe mantenerse abierto al cambio basado en nuevas evidencias e ideas.

Una buena explicación científica hace predicciones lógicas y comprobables sobre el sistema que se está estudiando.

La mayor parte del conocimiento científico mejora gradualmente, con la descripción de mayores detalles que lo acercan cada vez más a la verdad.

La omnipresencia de las redes sociales ha expandido enormemente la influencia de la ciencia falsa, exponiéndonos a todos a cantidades masivas de información errónea con efectos trágicos.

Una comprensión sólida de la ciencia como un proceso impulsado por la comunidad puede permitirnos a todos discernir la verdad y convertirnos en "forasteros competentes".

## Enlaces a recursos gratuitos seleccionados

### **La ciencia, la desinformación y el papel de la educación: los "forasteros competentes" deben ser capaces de evaluar la credibilidad de los argumentos basados en la ciencia.**

J. Osborne y D. Pimentel, *Science* 378: 246-248, 2022 <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abq8093> Un breve ensayo que propone un nuevo papel para la educación científica

### **On Being a Scientist: A Guide to Responsible Conduct in Research,** The National Academies Press, 2009. <https://doi.org/10.17226/12192>.

Un folleto para científicos en formación que hace hincapié en los valores y normas fundamentales para que la comunidad científica sea eficaz.

### **Ciencia, Evolución y Creacionismo.** The National Academies Press, 2008. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/11876/science-evolución-y-creacionismo>.

Un folleto que enfatiza que la ciencia y la religión representan dos formas diferentes de conocer el mundo, y que aceptar la evidencia de la evolución puede ser compatible con la fe religiosa.

### **Conjuntos de lecciones de la naturaleza de la ciencia.** Centro Nacional para la Educación de las Ciencias. <https://ncse.ngo/nature-science-lesson-sets>. Recursos didácticos centrados en "la ciencia como forma de conocimiento", desarrollados con la ayuda de docentes de ciencias en ejercicio.

### **Recursos didácticos de la Asociación Interacadémica.** <https://www.interacademies.org/education/teaching-resources>.

Este esfuerzo global hace hincapié en la educación científica basada en la indagación, con recursos traducidos a varios idiomas.

## Sobre los autores

**Bruce Alberts** es el Cátedra de Liderazgo del Canciller en Bioquímica y Biofísica para la Ciencia y la Educación, Universidad de California, San Francisco. Fue editor en jefe de la revista *Science* de 2008 a 2013 y se desempeñó como presidente de la Academia Nacional de Ciencias de EE. UU. de 1993 a 2005.

**Karen Hopkin** recibió su doctorado en bioquímica de la Facultad de Medicina Albert Einstein y es escritora científica. Es coautora del libro de texto *Essential Cell Biology* y colaboradora del podcast diario de *Scientific American*, *Science*, *Quickly*.

**Keith Roberts** recibió su doctorado de la Universidad de Cambridge y actualmente es profesor emérito de la Universidad de East Anglia. Es coautor del libro de texto Biología molecular de la célula.

## **Agradecimientos**

Este artículo, al igual que los propios artículos científicos, ha sido sometido a múltiples rondas de revisión. Otros científicos, educadores y lectores potenciales han señalado errores y sugerido adiciones útiles, todo lo cual ayudó a los autores a elaborar un artículo que sea lo más sólido y confiable posible. Esta versión de "¿Por qué confiar en la ciencia?" ha sido adaptada de un artículo en línea que acompaña a nuestro libro de texto Biología Celular Esencial (6ª edición, W.W. Norton & Company) al que todo nuestro equipo de autores contribuyó. Por esta versión, menos centrada en la biología celular, deseamos expresar un agradecimiento especial a Sandy Johnson y Nigel Orme, quienes proporcionaron invaluable aportes desde el primer borrador.