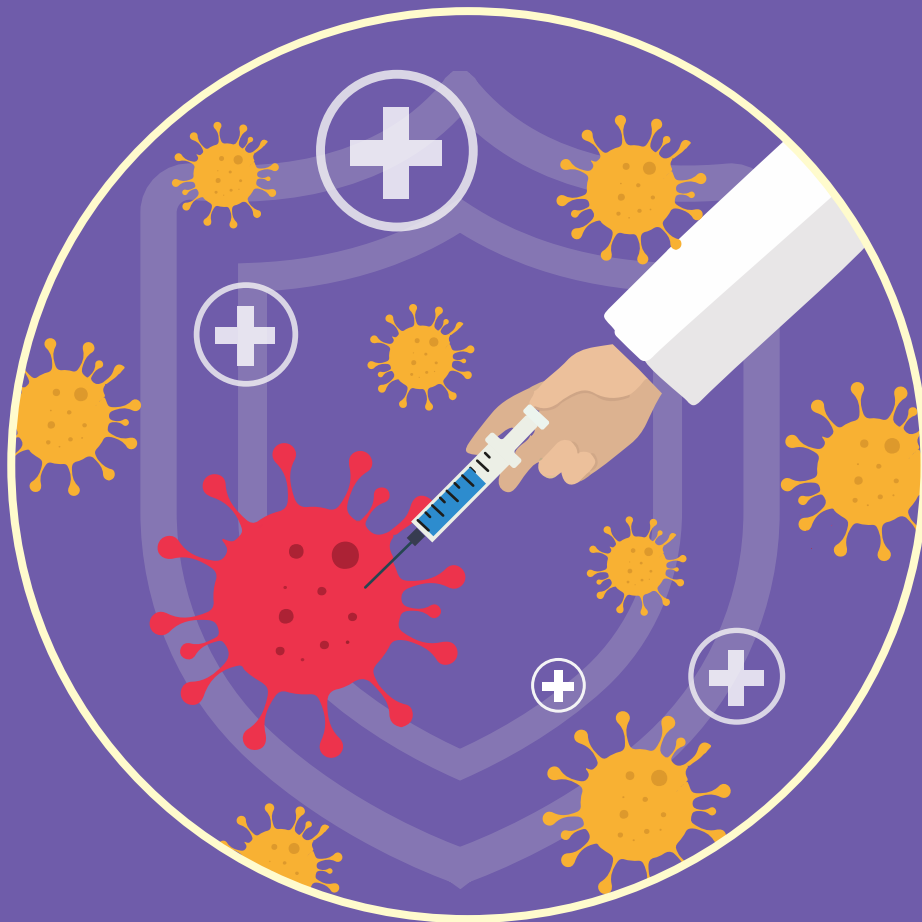


Revista de divulgación científica

# Libros & Ciencias

Nº2 - Julio 2021



## Salud Pública

Todo lo que debes saber  
sobre la vacunación en el Perú

Walter Curioso – Elizabeth Espinoza – Myra E. Flores - Jorge Lossio  
Héctor Maletta – Carlos Rojas - Agustín Zúñiga



© Biblioteca Nacional del Perú  
Av. De la Poesía N° 160, San Borja.  
Lima, Perú.

© Consejo Nacional de Ciencia,  
Tecnología e Innovación Tecnológica  
Calle Chinchón N° 867, San Isidro.  
Lima, Perú.

Ezio Neyra Magagna  
**Jefe Institucional de la Biblioteca  
Nacional del Perú**

Benjamín Marticorena Castillo  
**Presidente del Consejo Nacional de  
Ciencia, Tecnología e Innovación  
Tecnológica**

Fabiola Vergara  
**Directora de la Dirección del Acceso  
y Promoción de la Información (BNP)**

Kristel Best Urday  
**Jefa del Equipo de Gestión Cultural,  
Investigaciones y Ediciones (BNP)**

Mario Bazán Borja  
**Director de la Dirección de Políticas y  
Programas de CTel (CONCYTEC)**

**Coordinación general:** Neydo  
Hidalgo Minaya  
**Edición:** Gracia Angulo Flores  
**Diseño y diagramación:** Daniela  
Abad Mariñas  
**Corección de estilo:** Sandra Arbulú  
Duclós

**Primera Edición:** Julio 2021

Hecho el Depósito Legal en la  
Biblioteca Nacional del Perú N°2020-  
08702

# ÍNDICE

5 Presentación

## **Panorama de la ciencia**

8 Ciencia y anticiencia en tiempos de pandemia  
Héctor Maletta

## **Ciencia y sociedad**

19 Campañas de vacunación y movimientos antivacunas en el Perú  
Jorge Lossio

26 Infodemia: la otra epidemia en tiempos de la COVID-19  
Walter Curioso y Elizabeth Espinoza

## **Investigación en el Perú**

35 A la caza del genoma del SARS-CoV-2 peruano  
Myra E. Flores

## **Investigación en marcha**

38 Científicas peruanas luchando contra la COVID-19  
Myra E. Flores

## **Fronteras de la ciencia**

45 Los neutrones saludables  
Agustín Zúñiga

## **Ciencia sobre papel**

54 *Apuntes sobre las epidemias en el Perú* de José Toribio Polo  
Carlos Rojas



# PRESENTACIÓN

La Biblioteca Nacional del Perú y el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) aúnan esfuerzos y establecen lazos de cooperación interinstitucional para la publicación de *Libros & Ciencias*, revista de divulgación que abarcará temas de interés nacional en los cuales la ciencia y la tecnología dan aportes y soluciones.

*Libros & Ciencias* tiene como uno de sus objetivos principales comunicar al público no especializado temas científicos y tecnológicos que despiertan el interés actual. A través de sus páginas, las lectoras y los lectores podrán conocer cómo se realiza la investigación en el Perú y el mundo, cómo se producen el avance científico y el desarrollo tecnológico, cómo estos avances influyen en nuestras vidas y en la mejora de las sociedades, qué conocimiento científico y tecnológico se está desarrollando en nuestro país, entre otros temas.

Este segundo número se enfoca en la **salud pública** y, de manera particular, en los procesos de vacunación que se han dado en el Perú durante su historia y, actualmente, en el contexto de la pandemia global provocada por la COVID-19. De ahí que el subtítulo de este número sea «**Todo lo que debes saber sobre la vacunación en el Perú**».

En el ámbito mundial, las campañas de vacunación han sido una de las mayores y más eficaces intervenciones de salud y han logrado salvaguardar la vida de millones de personas, así como erradicar terribles enfermedades. Sin embargo, aún con toda la evidencia científica, existen voces críticas y colectivos de personas que se oponen a su aplicación. En este contexto, *Libros & Ciencias* busca aportar, con información sustentada en evidencias y con reflexiones autorizadas, a la concientización de la población respecto a la importancia de las vacunas en la salud pública.

Asimismo, queremos resaltar y felicitar los esfuerzos de la comunidad científica, agente fundamental de la lucha contra la pandemia de la COVID-19. Gracias a su trabajo, a solo un año de desatada la emergencia sanitaria, podemos contar con vacunas eficaces en plazos inéditos, las cuales se distribuyen a lo largo y ancho del planeta. Ahora, son las diferentes instancias del gobierno y la ciudadanía en general quienes deben estar a la altura del gran reto de inmunización al que nos enfrentamos, pues solo con la vacunación masiva podremos hacerle frente a una nueva normalidad y regresar, aunque seguramente con grandes cambios, a la vida que hoy se muestra trastocada por el aislamiento y la virtualidad.

Agradecemos a los colaboradores y las colaboradoras que han hecho posible la realización de este número: Héctor Maletta, Jorge Lossio, Agustín Zúñiga, Walter Curioso, Elizabeth Espinoza, Myra E. Flores y Carlos Rojas.



**1**

**PANORAMA DE  
LA CIENCIA**

# Ciencia y anticiencia en tiempos de pandemia

Héctor Maletta

*«La pandemia ha sido probablemente el mayor evento de enseñanza masiva sobre enfermedades infecciosas del que se tenga memoria a escala mundial. Al mismo tiempo, ha desatado otros fenómenos que colisionan con los conocimientos científicos, como la intrusión de supersticiones o prejuicios, los movimientos antivacunas, las teorías conspirativas sobre la pandemia, la automedicación, entre otros. Este artículo busca llamar la atención sobre el peligro de aceptar nociones excéntricas y fantasiosas, que no están fundadas en sólida evidencia empírica, y que abundan sobre todo en épocas de incertidumbre, como estos tiempos que vivimos».*

**E**n 2020 y 2021 el mundo ha sufrido los devastadores efectos de la pandemia causada por el coronavirus. La enfermedad provocada por ese virus, la COVID-19, ha causado ya la muerte de más de tres millones y medio de personas. Y la cifra sigue en aumento.

La pandemia ha originado un enorme esfuerzo internacional para estudiar la enfermedad misma, para identificar y secuenciar el genoma del coronavirus y, sobre todo, para desarrollar y validar vacunas. Varias decenas de vacunas, basadas en diferentes enfoques, fueron propuestas y sometidas a prueba en distintos países. El ciclo habitual de las vacunas requiere varios años, pues consta de tres fases. En la fase 1 se prueba en el laboratorio y en animales; en la fase 2, en un número limitado de voluntarios humanos; y, finalmente, en la fase 3, en un amplio estudio clínico con decenas de miles de casos y un numeroso grupo de control que deben ser monitoreados durante mucho tiempo.

Es absolutamente asombroso que casi una decena de vacunas hayan atravesado ya las tres fases o estén a punto de culminarlas ya que, si bien el monitoreo en la fase 3 se limita a alrededor de tres meses para autorizar la vacuna con carácter de emergencia, debe continuar por periodos más largos y, si es posible, incorporar a la población vacunada masivamente, para examinar la inmunidad y los efectos en el mediano y largo plazo.

La disponibilidad de varias vacunas validadas y autorizadas por las agencias sanitarias más prestigiosas, a inicios de 2021, refleja el extraordinario triunfo de la medicina moderna que, en menos de un año, ha logrado ofrecer los medios para mitigar los efectos del virus, incluyendo la prevención del contagio y la adquisición de inmunidad (aunque la duración de esta inmunidad es aún desconocida debido al escaso tiempo cumplido de monitoreo luego de la vacunación). Las vacunas no solo reducen drásticamente la probabilidad de contagio; tam-

bién han mostrado una eficacia muy elevada para evitar el progreso de la enfermedad y el desarrollo de síntomas graves, y, sobre todo, para reducir la mortalidad.

La pandemia y la veloz carrera en todo el mundo hacia el desarrollo de vacunas y tratamientos hicieron que la investigación científica, sus protocolos y exigencias, así como sus límites e incertidumbres, se convirtieran en tema importante en la cultura de masas, en los medios de comunicación y en la conversación cotidiana de millones de personas en todo el mundo.

Asimismo, hizo que mucha gente oyera o leyera por primera vez términos importantes de la genética —como el ARN mensajero—; llevó a que un gran número de personas descubriera en qué consiste un virus; qué son y qué implican las unidades hospitalarias de cuidados intensivos; hizo posible que se conocieran los detalles de la respiración mecánica; que fuese posible aprender las reglas del distanciamiento social; y que las



«Las vacunas no solo reducen drásticamente la probabilidad de contagio; también han mostrado una eficacia muy elevada para evitar el progreso de la enfermedad y, sobre todo, para reducir la mortalidad».

personas se familiarizaran con la terminología habitual de los epidemiólogos (susceptibilidad, contactos estrechos, tasa de letalidad, inmunidad de rebaño y mucho más); entre tantas otras cosas. Muchos descubrieron la existencia del oxímetro y muchos también adquirieron uno de esos aparatitos con el fin de monitorear la carga de oxígeno en su sangre. La pandemia ha sido probablemente el mayor evento de enseñanza masiva sobre enfermedades infecciosas del que se tenga memoria a escala mundial.

Al mismo tiempo, la pandemia desató otros varios fenómenos que a menudo colisionaban con los conocimientos científicos. Muchos mensajes difundidos a través de los medios de comunicación y las redes sociales eran realmente una intrusión de supersticiones

o prejuicios que se mezclaban sin cesar con los auténticos conocimientos científicos, lo que produjo —y sigue produciendo— confusión. Muchos de esos mensajes engañosos reflejan temas habituales en la cultura masiva contemporánea, que difícilmente trata de asimilar los gigantescos avan-

*«Al mismo tiempo, la pandemia desató otros varios fenómenos que a menudo colisionaban con los conocimientos científicos».*

ces científicos contemporáneos, y termina creyendo que hay «otros conocimientos», más simples y a menudo antiguos o «ancestrales», que serían superiores a los que ofrece la ciencia. Los más destacados en esta invasión anticientífica fueron los movimientos anti-

vacunas y las teorías conspirativas sobre la pandemia para evitar el contagio o para curar la subsiguiente enfermedad. También surgió como tema la vinculación de la pandemia con diferentes aspectos de la vida contemporánea: las implicaciones geopolíticas de las vacunas (China-Rusia-Estados Unidos), el imaginario papel atribuido a celebridades como Bill Gates o George Soros en el origen y en el desarrollo de la pandemia, el nacionalismo (con diferentes manifestaciones en distintos países) en cuanto al desarrollo de vacunas o tratamientos y el acceso a estos, y varios más. Por esta razón, quisiera detenerme en el origen de cada uno de estos fenómenos o movimientos.

#### *Movimientos antivacunas*

La negativa a recibir vacunas fue siempre un fenómeno

marginal, propio de algunos grupos religiosos apegados a una interpretación literal de las *Escrituras* (como los Testigos de Jehová, que rechazan las transfusiones de sangre) o que sostienen unos valores culturales que solo reconocen la llamada «medicina natural» y reniegan de las vacunas, los medicamentos recetados y todo el desarrollo tecnológico moderno en temas relacionados con la medicina y la salud.<sup>1</sup>

Curiosamente, estas actitudes adversas a las vacunas no han florecido principalmente en países de escaso desarrollo tecnológico e industrial, sino en el país que más profundamente ha sido moldeado por ese desarrollo: Estados Unidos; y en otros países desarrollados como Alemania, Francia o el Reino Unido.

En Estados Unidos, la resistencia a la medicina moderna no es reciente. Algunas comunidades religiosas tradicionalistas, como los amish de Pensilvania, los menonitas y buena parte de los mormones, aplicaban preceptos muy estrictos sobre las prácticas de la medicina moderna; muchos grupos rechazaban el envío de sus hijos a las escuelas públicas y preferían educarlos en el hogar y, además, objetaban amplios aspectos de la ciencia moderna. Por otra parte, en el siglo XIX y primeras décadas del siglo XX, aparecieron numerosos curanderos ambulantes, que recorrían el amplio territorio del país para



Protesta del movimiento «No vacunas forzadas» en Los Ángeles, Estados Unidos, ante la propuesta de ley SB-277 que obliga a las familias a vacunar a los menores si desean que estos asistan a las escuelas públicas o privadas.

criticar a los médicos y vender sus remedios «milagrosos» en zonas rurales y pequeños centros poblados del interior, sobre todo en el Medio Oeste; asimismo, trataban de desacreditar los medicamentos recetados por los médicos profesionales. Actualmente, los curanderos siguen existiendo: ahora ofrecen sus remedios milagrosos por internet.

El movimiento antivacunas es otro tema en el que, más recientemente, se manifiesta el rechazo a la ciencia. Esto no siempre fue así. Durante el siglo XX la gran mayoría de la población aceptaba las vacunas sin mayores objeciones, lo que permitió erradicar (o casi) enfermedades terribles como la viruela, la fiebre amarilla, el sarampión o la poliomielitis. El movimiento antivacunas creció y se expandió casi exclusivamente en el siglo XXI, a raíz de un episodio lamentable: en 1998, el médico británico Andrew Wakefield

publicó un artículo en la prestigiosa revista científica *The Lancet*,<sup>2</sup> en el cual refería los casos de ocho niños de entre uno y tres años de edad que manifestaron síntomas de autismo poco después de recibir la vacuna triple contra el sarampión, las paperas y la rubeola. El autor postulaba una posible relación causal: la vacuna, a través de presuntos efectos inflamatorios, habría causado el autismo. El artículo de Wakefield fue replicado rápidamente por la prensa, lo que hizo que muchas familias se negaran a que sus hijos recibieran esa vacuna, sobre todo en Gran Bretaña y Estados Unidos. El postulado de Wakefield, por supuesto, no demostraba el vínculo causal: eran solo ocho niños, no había un grupo de control y, en varios casos, los síntomas de autismo habían aparecido antes de la vacunación. El médico británico proponía algunos posibles mecanismos

<sup>1</sup> Como los alimentos con aditivos, el uso de agroquímicos, la modificación genética, la clonación de plantas y animales, la inseminación artificial, entre otros.

<sup>2</sup> Actualmente, en esta misma revista, se publican y validan los estudios sobre la efectividad de las vacunas.

causales entre la vacuna y el autismo, pero aquellos no estaban verificados y finalmente no resultaron válidos. Dada la incidencia del autismo en la población,<sup>3</sup> algunos de esos niños también se habrían vacunado, de modo que el evento era esperable y no implicaba ninguna relación entre vacuna y autismo; así pues, el porcentaje de autismo entre los niños vacunados era similar al que aparecía entre los no vacunados.

A raíz del mencionado artículo y su amplia repercusión, muchos estudios científicos analizaron la relación vacuna-autismo de una manera más sistemática y sobre la base de muchos más casos. Esos estudios no solo desacreditaron la hipótesis de Wakefield, sino que evidenciaron que había existido cierta manipulación de los datos por parte del investigador. Su trabajo acabó clasificado formalmente como un fraude por las autoridades médicas, el artículo fue retirado de los archivos de la revista y su autor perdió su matrícula como médico. Sin embargo, a pesar de lo relatado, el rechazo de la vacuna por parte de la población persistió y se estima que es una de las causas por las cuales se ha producido un reciente aumento de los casos de sarampión en países desarrollados, lo que incluye un número apreciable de fallecimientos entre los niños y los adolescentes que no se habían vacunado y contrajeron la enfermedad. A partir del rechazo de la vacuna triple, el movimiento antivacunas se



Bajo el lema «No al nuevo orden mundial», miles de manifestantes se reúnen en Madrid, sin mascarillas y sin respetar el distanciamiento social.

amplió, ha sido recogido por variados movimientos que aman la «medicina alternativa» y ha extendido el manto de sospecha sobre todas las vacunas, inclusive aquellas contra la COVID-19.

### Las teorías conspirativas

Además del rechazo a las vacunas, se han difundido una serie de mitos y leyendas fantásticas sobre el origen de la pandemia. Actualmente existe un amplio consenso científico sobre el origen del contagio humano del coronavirus: el virus habría saltado de los animales al ser humano en un mercado de animales silvestres en Wuhan, sobre todo a partir de murciélagos y pangolines. Sin embargo, desde inicios de 2020, circulan diversas versiones conspirativas sobre el surgimiento de la pandemia. En general, niegan el origen accidental del virus y sugieren diversas causas «intencionales»: el virus habría sido desarrollado deliberadamente por el gobierno chino

en un laboratorio de Wuhan, del cual —según esta versión— «se escaparon» algunos virus que terminaron originando la pandemia. En otra versión, el virus sería un arma biológica desarrollada en Occidente y deliberadamente diseminada en China por espías estadounidenses.

Algunas versiones aún más fantásticas implicaban a Bill Gates, quien habría desarrollado y diseminado el virus para luego aprovechar el negocio de las vacunas; en línea con esta hipótesis, algunas variantes propugnaban la idea de que el mismo Gates introduciría en las vacunas un chip microscópico que le permitiría el control remoto de la población mundial; claro que no aclaran cuán microscópico debería ser el chip para caber en una molécula de la vacuna. Esta misma versión de «control poblacional» fue atribuida también a la China y suponía que el presunto chip en las vacunas implantaría en cada persona vacunada la

<sup>3</sup> Anualmente, en los Estados Unidos, uno de cada mil niños de 2 a 3 años es diagnosticado como autista.

tecnología china 5G para teléfonos celulares, con lo cual los vacunados se transformarían en una especie de zombis controlados a distancia. La imaginación humana no tiene límites.

### El auge de los remedios caseros y sus peligros

En los primeros meses de la pandemia, ante la falta de vacunas y tratamientos, circulaba también una gran variedad de remedios caseros para prevenir el contagio o para curar la enfermedad. Estas recomendaciones no provenían de trabajos científicos debidamente validados, sino de videos en *YouTube* o mensajes por *WhatsApp* que fueron retransmitidos muchas veces en las redes sociales. Todas estas propuestas de tratamientos caseros eran de dudoso origen y a menudo usaban un lenguaje aparentemente técnico, supuestamente basado en referencias científicas inexistentes o en la autoridad de algunos «médicos» o estudios que no pueden ser localizados (atribuidos a «la Universidad de Cambridge» o a «científicos en Japón», por ejemplo).

En este contexto, aparecieron muchos aficionados (y unos pocos médicos auténticos) que proponían sus «infalibles recetas» sin haber realizado ningún estudio serio y científicamente validado. Las recetas más populares consistían en aplicar algunos antisépticos caseros muy comunes, como las gárgaras con ingredientes de uso general (sal, bicarbonato de sodio, o infusiones de jengibre o kion, entre otras sustancias). Los



Las recetas y remedios caseros compartidos en las redes para combatir al coronavirus no cuentan con ningún respaldo científico

proponentes más sofisticados alegaban que así cambiaría el pH o grado de acidez de la cavidad bucal y ello impediría, supuestamente, la multiplicación del virus en la garganta. Todos ellos fueron sucesivamente descartados por la evidencia científica, pero gozan de mucha aceptación en una parte del público que tiene una fuerte creencia en las virtudes de los remedios caseros naturales o tradicionales, supuestamente superiores a los medicamentos producidos por la industria farmacéutica. Estas creencias tienen mucho arraigo en diversos sectores de la sociedad, a escala mundial, no solo en las personas menos instruidas —como algunos creerían—, sino también en muchas de mayor nivel educativo, que propugnan el retorno a una vida más simple y natural.

Es sorprendente que mucha gente no se entusiasme con la ciencia. En los últimos siglos, y sobre todo en los siglos XX y XXI, ella ha cambiado profundamente el conocimiento humano sobre el mundo, incluso sobre nosotros mismos, y ha

modificado también nuestro modo de vida. En general, ello ha sido para mejor.

La expectativa de vida de la humanidad se ha duplicado (y en algunos países avanzados casi se ha triplicado) debido a la revolución científica y tecnológica. El conocimiento, la información y la educación se han expandido de manera nunca antes vista. La ciencia ha vencido a la mayoría de las enfermedades infecciosas que diezaban a la humanidad en épocas pasadas pese a las virtudes que suelen atribuírsele a la «medicina ancestral». Del mismo modo, la mortalidad infantil casi ha desaparecido en los países o regiones con mejores cuidados médicos y mejores sistemas de saneamiento, y se ha reducido en general en todos los países a niveles muy inferiores a los que regían antaño. La educación e incluso la vida cotidiana exhiben y transmiten múltiples ejemplos de los avances y las aplicaciones de la ciencia y la tecnología, y los ponen al alcance de la mayor parte de los seres humanos. Por ejemplo, los viajes que antes requerían

meses se pueden realizar en pocas horas, y la telefonía y la internet permiten transmitir o recibir fácilmente mensajes, datos o meros saludos desde o hacia lugares muy lejanos. Asimismo, gran parte del trabajo doméstico o industrial es ahora efectuado por artefactos o máquinas, desde las lavadoras hogareñas de ropa o de vajilla hasta las fábricas robotizadas.

La ciencia, además de crear todas esas y otras tecnologías que transformaron el mundo, ha ampliado enormemente el conocimiento humano, lo que ha permitido desentrañar muchos aspectos de la realidad antes ignorados o mal comprendidos, desde las galaxias que pueblan el espacio hasta las partículas subatómicas que constituyen la estructura básica de la materia y de la energía.

Y, sin embargo, persisten las visiones anticientíficas, y no solo acerca de la pandemia. Una de las más llamativas es la «teoría» de la Tierra plana, según la cual nuestro planeta no es una esfera sino un disco chato.<sup>4</sup> Esa hipótesis es francamente absurda: la esfericidad de la Tierra, como la de otros cuerpos celestes — como el Sol, la Luna y los planetas— ya era conocida en las antiguas Grecia y China, y fue definitivamente comprobada primero por Magallanes y Elcano cuando dieron la vuelta al mundo en 1520, y más recientemente por las fotos del planeta obtenidas desde la

Luna por los astronautas de las misiones Apolo, hace ya más de cincuenta años.

Según los terraplanistas, la Tierra es un disco redondo, con el océano Ártico en el centro y los continentes alrededor. La Antártida sería una gran muralla de hielo en el borde circular de ese disco. Por su parte, el Sol y la Luna serían pequeñas esferas o discos que se mueven en círculos sobre el disco de la Tierra, a unos 4800 km de altura, lo cual originaría los días y las noches que se alternan en di-

*«La ciencia, además de crear tecnologías que transformaron el mundo, ha ampliado enormemente el conocimiento humano, lo que ha permitido desentrañar muchos aspectos de la realidad antes ignorados o mal comprendidos».*

ferentes partes del supuesto disco terráqueo. La NASA y la agencia espacial rusa, unidas en una incomprensible alianza con otras entidades muy poderosas, emiten, según la Flat Earth Society o Sociedad de la Tierra Plana, un continuo flujo de desinformación para impedir que la humanidad sepa que la Tierra es plana. Este terrible secreto solo lo sabe la Sociedad de la Tierra Plana. Después de ver reducidas sus filas a casi nadie, esa asociación (cuyos lejanos orígenes en Inglaterra se remontan al siglo XVII como reacción ante

la nueva astronomía de Copérnico y Newton, y que hasta hace pocos años era solo el cenáculo de unos pocos excéntricos) ha tenido, desde 2009, un persistente aumento en el número de miembros, de aproximadamente 200 afiliaciones adicionales por año. Estos nuevos «feligreses» son principalmente británicos y estadounidenses. La idea de una Tierra plana, que ya era una excentricidad antes de la revolución tecnológica en astronomía, se ha ido convirtiendo ahora en una visión conspiracionista. Según esta disparatada teoría, una serie de poderes oscuros y poderosos (las grandes potencias, la NASA, las empresas multinacionales, etc.) se habrían puesto de acuerdo para difundir la idea de una Tierra esférica, con la finalidad de ocultar «la verdad» al conjunto de la humanidad, excepto a los pocos iluminados que integran esta curiosa sociedad.

Y no solamente hay gente que cree en curanderos capaces de frenar la pandemia, en una Tierra plana o en otras teorías descabelladas. También hay gente que se guía por horóscopos, que consulta a médiums y videntes, que cree firmemente en fenómenos paranormales (telepatía, telekinesis, fantasmas, mensajes del más allá, y mucho más) o en visitas de seres extraterrestres, cuya presencia en la Tierra también estaría celosamente ocultada por la NASA y otras instituciones similares.

<sup>4</sup> Una descripción de las creencias terraplanistas puede hallarse en el artículo de Nora Bär «Charlatanes y excéntricos», publicado en el diario *La Nación* de Buenos Aires, el 2 de febrero de 2018. <https://www.lanacion.com.ar/2105928>.

En tiempos pasados esas creencias se presentaban con un ropaje seudofilosófico, mágico o religioso; actualmente muchas tratan de revestirse con el prestigio de la ciencia. Así surgen las pseudociencias, término que se aplica a toda afirmación o teoría sin base científica, pero que pretende tenerla. Es el caso de la astrología o el espiritismo, y de algunas técnicas de curación todavía consideradas respetables por mucha gente, como la homeopatía o las flores de Bach. En sus orígenes solo apelaban a supuestos poderes mágicos, pero ahora, en un mundo más científico, buscan sustentarse en fundamentos científicos, por ello pretenden dar validez a sus disparates con términos como «energía», «física cuántica», «espacio-tiempo», «genoma», y otros análogos.

En un mundo penetrado y transformado tan profundamente por la ciencia, ¿por qué mucha gente prefiere creer en teorías absurdas y disparatadas e ignorar —o incluso combatir— los descubrimientos científicos, o negarse a usar tecnologías claramente beneficiosas?

Ya no son solo los analfabetos y las comunidades más aisladas las que sostienen supersticiones y creencias anti-científicas, sino también mucha gente que reside en los países más desarrollados y vive en un mundo totalmente transformado por la ciencia y la tecnología. Parte de esas visiones supersticiosas nutridas de teorías conspirativas

se evidenciaron hace poco cuando una turba de fanáticos irrumpió en el Capitolio, el edificio del Congreso, en la capital de Estados Unidos; o cuando los presidentes de varios países (Trump en Estados Unidos y Bolsonaro en Brasil, entre otros) negaron la existencia o la peligrosidad de la pandemia. Manifestaciones irracionales en relación con el coronavirus, con las vacunas o con la medicina moderna se observan frecuentemente en países desarrollados como Alemania o Francia.

*«En un mundo penetrado y transformado tan profundamente por la ciencia, ¿por qué mucha gente prefiere creer en teorías absurdas y disparatadas e ignorar —o incluso combatir— los descubrimientos científicos?».*

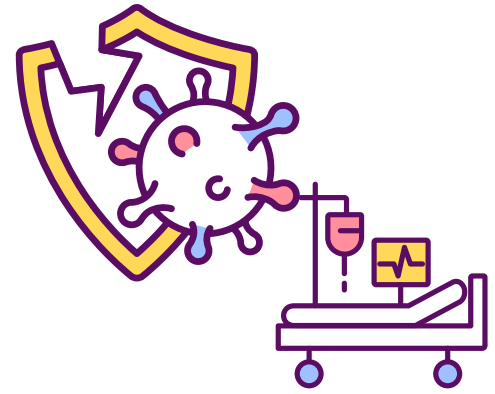
Varios autores, sobre todo psicólogos o antropólogos, han estudiado este extraño fenómeno de una humanidad inundada de ciencia y tecnología que fácilmente desconoce a la ciencia y se inclina por creencias absurdas, supersticiosas o disparatadas. Para mencionar unos pocos, citemos a Michael Shermer, autor del libro *Por qué la gente cree cosas raras*.<sup>5</sup> También Lewis Wolpert, en su libro *The unnatural nature of science* (La naturaleza antinatural de la ciencia), señala que la ciencia exige aceptar fenómenos muy alejados de la experiencia cotidiana y solo perceptibles y

explicables mediante aparatos complicados y conceptos muy difíciles, lo cual hace que algunas personas prefieran ignorarla y opten por visiones del mundo más familiares para ellos. También Martin Gardner, autor de *Modas y falacias en nombre de la ciencia*, analiza a varios excéntricos personajes pseudocientíficos, quienes, según ha observado este autor, suelen considerarse genios incomprendidos, consideran a otros científicos como ignorantes o estúpidos, se sienten injustamente perseguidos y discriminados, se comparan con los científicos más brillantes, y usan términos que ellos mismos acuñan.

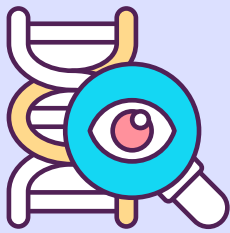
¿Por qué, pues, tanta gente acepta teorías descabelladas y no se apoya en la ciencia? Este tema es muy complejo y deberá quedar para otro artículo. Por el momento solo queremos llamar la atención sobre el peligro de aceptar nociones excéntricas y fantasiosas, que no están validadas por un método riguroso ni fundadas en sólida evidencia empírica, y que abundan sobre todo en épocas de incertidumbre, como, por ejemplo, en estos tiempos de pandemia que nos ha tocado vivir.

<sup>5</sup> Publicado originalmente en idioma inglés con el título *Why people believe weird things* (1997). La expresión *weird things* no significa exactamente «cosas raras»; se aproxima más a «cosas absurdas», «cosas retorcidas» o simplemente «disparates».

# CIENCIA Y ANTICIENCIA EN TIEMPOS DE PANDEMIA



01



## Estudiar, identificar y secuenciar el genoma del Coronavirus

La pandemia originó un enorme esfuerzo internacional para estudiar la enfermedad. Científicos de distintos laboratorios, en diferentes países, iniciaron una investigación colaborativa sin precedentes.

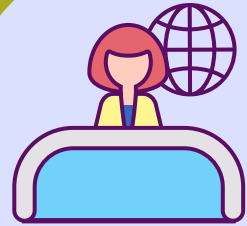
02



## Desarrollo de la vacuna contra todo pronóstico

Decenas de vacunas fueron propuestas y sometidas a prueba. En menos de un año se obtuvo resultados efectivos en varias de ellas, lográndose prevenir el contagio y adquirir inmunidad.

03



## Mayor interés en la ciencia

La pandemia popularizó la ciencia y despertó el interés de autoridades y público por conocer más sobre la investigación científica.

Pero también provocó...

05



## 1.2 Viral desinformación

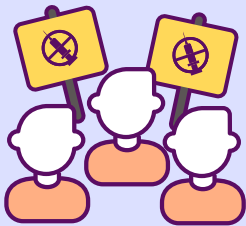
Muchos mensajes difundidos a través de los medios y las redes sociales eran realmente fakenews, supersticiones y prejuicios que se mezclaban sin cesar con los auténticos conocimientos científicos, confundiendo a mucha gente.

En 2020 y 2021 el mundo ha sufrido los devastadores efectos del coronavirus. La enfermedad provocada por este virus, la Covid-19, **ha causado ya la muerte de más de casi 3 millones de personas en todo el mundo.**



## ¿Cómo lo venimos enfrentando?

04



### 1.1 Expansión de los antivacunas

Este movimiento creció negando el conocimiento científico y adoptando teorías conspiracionista.

06



### 1.3 Curas infalibles

Ante la falta de vacunas y tratamientos, se recurrió a remedios caseros. Estas recomendaciones no provenían de evidencias científicas validadas, sino del conocimiento popular y de la mera imaginación.



## Conclusiones

Debemos estar alertas sobre el peligro de aceptar nociones excéntricas y fantásticas.

**Debemos tomar en cuenta solo información científica basada en evidencia.**



2

**CIENCIA Y  
SOCIEDAD**

# Campañas de vacunación y movimientos antivacunas en el Perú

Jorge Lossio

A mediados de diciembre de 2019 empezaron a difundirse noticias de un virus sumamente letal y contagioso que estaba propagándose en los alrededores del mercado de mariscos de Wuhan, Hubei, provincia ubicada en el corazón de China. Al cabo de pocas semanas, el virus ya había afectado a decenas de personas y estaba circulando en otros países asiáticos, en Europa y Norteamérica. Se identificó que el virus era un coronavirus, el SARS-Cov-2, y la enfermedad que producía fue llamada por la Organización Mundial de la Salud como COVID-19. Para marzo de 2020, ya se habían identificado casos de COVID-19 en casi todo el mundo. A poco más de un año del inicio de la pandemia, más de cien millones de personas se habían contagiado y la enfermedad había ocasionado la muerte de más de dos millones de personas. Frente al avance del virus se optó por cuarentenas a escala global nunca vistas en la historia y se desarrollaron distintas vacunas. En enero de 2021 empezó un proceso de vacunación masivo de la humanidad.

Sin embargo, uno de los temas que ha llamado la atención de científicos y funcionarios de la salud son los altos porcentajes de rechazo a la vacuna.<sup>6</sup> Desde que existe la vacuna, existen los movimientos antivacunas. La primera vacuna que se desarrolló fue aquella contra la viruela en 1796, la cual marcó un hito en la historia de la salud pública y ha permitido, durante más de doscientos años, salvar cientos de millones de vidas. En este artículo analizaremos, a partir del caso de la vacuna contra la viruela, las razones por las cuales históricamente ha habido oposición a vacunarse en el Perú. Como veremos, se ha tratado de factores diversos. El enfoque histórico es necesario para comprender estas manifestaciones de rechazo a la vacuna y dejar de descartar estas respuestas como simplemente muestras de ignorancia y poder confrontarlas de forma más informada.

## ***El desarrollo de la vacuna antivariólica***

Aunque hoy en día ya se encuentra erradicada, durante siglos la viruela (producida

por el virus variola) fue una de las enfermedades más temidas por la humanidad, debido a su gran capacidad de contagio y letalidad. Los síntomas incluían fiebres, vómitos, marcas en la piel y, en algunos casos, ceguera. La tasa de letalidad entre los contagiados era de aproximadamente 30%. Esta enfermedad llegó al Perú con la conquista española y fue una de las principales causas del colapso demográfico que se produjo en el encuentro entre europeos y americanos. Las epidemias de viruela fueron recurrentes entre los siglos XVI al XX, y hubo casos dramáticos, como aquella que devastó la provincia de Jaén en 1590, que redujo la población de treinta mil a mil personas. La costa peruana también se despobló a causa de este mal (Lastres, 1957).

Hasta el siglo XVIII las respuestas para controlar la enfermedad eran ineficientes. Se aplicaban, por ejemplo, sangrías y purgas, tratamientos que se basaban en ideas hipocráticas del desbalance de los humores corporales. Según esta lógica, las enfermedades eran producto de la sobreproducción de alguno de los hu-

<sup>6</sup> Según una encuesta de Ipsos, realizada en diciembre de 2020, más del 40% de peruanos señaló no querer vacunarse contra la COVID-19.



Edward Jenner vacuna a un niño en 1796. Fuente: Hulton Archive

mores (flema, sangre, bilis negra, bilis amarilla) debido a un exceso de comida, bebida o cambio de clima. En el mundo andino se catalogaban las enfermedades como calientes o frías, y eran tratadas de acuerdo con ello, usualmente con rituales y plantas —por ejemplo, se podía envolver al paciente en hojas de coca—. Las enfermedades y las epidemias se explicaban de igual manera como producto de algún castigo divino, ya sea por actos considerados inmorales o por no haber hecho una ofrenda pertinente. El mundo de la salud y las explicaciones sobre el bienestar y la enfermedad eran variadas, y combinaban saberes tradicionales, ciencia occidental y religión (García, 2003).

Existía también la noción de exponer al enfermo a la enfermedad para que desarrollara inmunidad. En China,

Turquía e India se practicaban inoculaciones. Es decir, se inculaba la enfermedad a los niños con la idea de que así podrían desarrollar inmunidad. Al no atenuarse los virus, muchas veces los niños fallecían o propagaban el mal, aunque en algunos casos efectivamente desarrollaban inmunidad. En los Andes se usaban los polvos de las costras de los enfermos para buscar inmunidad (Cueto, 1997).

No obstante, lo que resultó realmente efectivo para acabar con la enfermedad fue la vacuna, que fue desarrollada por el médico británico Edward Jenner, en 1796. Sobre la base de un saber popular en la comunidad donde trabajaba —que las lecheras eran inmunes—, Jenner intuyó acertadamente que esta inmunidad era otorgada por la exposición a la viruela. Fue así que decidió probar su teoría e inoculó

al hijo de su jardinero, un niño de ocho años llamado James Phipps, con el pus de una persona infectada con viruela bovina. El pequeño sufrió de una fiebre leve, pero nada más. En efecto, Jenner había expuesto a Phipps a la viruela y nada había ocurrido, es decir, había desarrollado inmunidad. A inicios del siglo XIX, la Corona británica ordenó que se realizaran campañas de vacunación masivas en su imperio con la vacuna jenneriana.

### ***La llegada de la vacuna al Perú***

El ejemplo británico fue seguido por la Corona española, que, en 1802, decidió que la vacuna debía llevarse por todos sus territorios. Para tal fin, se formó la Real Expedición Filantrópica de la Vacuna (1803-1810), dirigida por los médicos Francisco Javier de Balmis y José Salvany. Se tra-



Retrato al óleo de Edward Jenner.  
Fuente: Wellcome Collection.

tó de una de las expediciones sanitarias más significativas de la historia, la cual tuvo que sortear una serie de obstáculos para trasladar la vacuna, como la difícil geografía, los cambios de clima y altura, y la necesidad de mantener el fluido fresco. Debido a que en aquella época no existían tecnologías para conservar fresco el fluido vacuno, Balmis optó por usar niños expósitos como medios de transporte. A ellos se les inoculaba el fluido vacuno para que así se mantuviera fresco en su cuerpo y al cabo de doce días se extraía y se inoculaba a otro niño; ello se replicó hasta llegar a las Américas. Se trataba de niños de 3 a 10 años, en su mayoría sin padres conocidos, quienes a cambio recibían comida, alojamiento y educación.

Una vez que llegó el fluido al virreinato peruano, se estableció una junta central, compuesta por autoridades políticas, eclesiásticas y universitarias, para la conservación y difusión de la vacuna. Aunque los vacunadores fueron homenajeados por las autoridades en Lima y recibidos con los brazos abiertos en muchos poblados, en otros

fueron rechazados. Los testimonios de José Salvani sobre su experiencia en el Perú son elocuentes respecto a la negativa de un sector de la población a vacunarse y declaró que se sintió como un vagabundo al tener que estar rogando a la gente que se inmunizara.

¿Por qué había gente que no quería vacunarse? Ello se debía a distintas razones. Una de ellas es que circularon rumores sobre que los llamados a la vacunación eran en realidad una excusa para censar y cobrar tributos. Esto ocurrió especialmente en poblados en los Andes. Corrió también el rumor de que la vacuna transmitía la sífilis. Parece ser que, en algunos casos, como la va-

*«La llegada de la vacuna marcó un hito en el Perú, pues contribuyó a la institucionalización de la salud pública y miles de personas en todo el virreinato fueron vacunadas».*

cunación se hacía brazo a brazo, esto pudo haber sido cierto. La medicina occidental aún no había ganado el prestigio que tiene en la actualidad y en el Perú de inicios del siglo XIX mucha gente mantenía ideas sobre la salud y la enfermedad propias de saberes tradicionales andinos o amazónicos o visiones religiosas. Somos, hasta el día de hoy, un país multicultural en el cual conviven distintas cosmovisiones sobre la salud y la enfermedad.

¿Cómo se manifestó este rechazo a la vacuna? De diversas formas, pero básicamente ello se plasmó en una resis-

tencia pasiva a vacunarse o en una resistencia más activa que consistía en expulsar, a veces a pedradas, a los vacunadores. Ante esta negativa, el Estado, durante estas primeras campañas de vacunación, publicó bandos que promovían la vacuna; asimismo, asignó más recursos a estos esfuerzos y buscó el apoyo de los párrocos para que, en sus sermones, persuadieran a la población de ir a vacunarse. En 1820 empezaron las guerras por la Independencia y, en medio de la lucha, se frenaron los esfuerzos de vacunación. En general, la salud pública se vio afectada por la guerra, los fondos para salud disminuyeron, muchos hospitales dejaron de recibir financiamiento y el movimiento de tropas hizo que las epidemias se volvieran más frecuentes. Los esfuerzos por propalar la vacuna fueron parcialmente interrumpidos en los años de la independencia y en la era de los caudillos, debido a las guerras civiles, los golpes de Estado y las carencias fiscales. A pesar de todo ello, la llegada de la vacuna marcó un hito en el Perú, pues contribuyó a la institucionalización de la salud pública y miles de personas en todo el virreinato fueron vacunadas.

### ***La vacunación se hace obligatoria y forzosa***

Entre 1879 y 1883 se produjo la Guerra del Pacífico. Durante estos años las epidemias de viruela se hicieron sentir en el país y miles de compatriotas fallecieron a causa de este mal. Tras la guerra, el Perú entró en una etapa de crisis, pero también de reconstruc-

ción. Se pensó entonces que la ciencia y la medicina serían esenciales en este proceso y por ello se crearon distintas academias científicas e instituciones de salud. A la par, el Estado empezó a asumir un rol más presente en la salud pública; se estableció que esta era un deber estatal y se creó la Dirección de Salubridad Pública, primera agencia nacional de salud.

En este contexto, se creó, en 1896, durante el gobierno de Nicolás de Piérola, el Instituto Nacional de Vacuna. De igual manera, Piérola ordenó la vacunación forzosa y obligatoria, idea que se había estado discutiendo desde hacía algunos años y que no estuvo exenta de debate. La prensa médica había estado presionando por asegurar la obligatoriedad de la vacuna, pues consideraba que era la única forma de evitar que la viruela siguiera matando gente. Asimismo, los médicos señalaron que debía ser obligatoria desde los 3 meses de edad, con revacunaciones cada diez años. Para paliar la posible resistencia a ello, le pidieron al Estado que pusiera en marcha una campaña informativa para señalar que era mentira que la vacuna transmitiera la sífilis. En la prensa médica se defendía también la idea de que la salud colectiva estaba por encima de los derechos individuales. Además, los médicos argumentaron que la higiene internacional nos obligaba a introducir la vacunación forzosa, pues, de lo contrario, los países que ya habían avanzado en controlar la viruela se verían afectados por aquellos en donde no lo era (Quirós, 1996).

El Instituto Nacional de la Vacuna empezó a producir la vacuna contra la viruela, además de sueros para hacer frente a otras enfermedades; asimismo, se dio a la tarea de organizar campañas de vacunación masivas. En esta línea, se incrementó el número de vacunadores y se estableció un servicio de vacunación a domicilio. De igual forma, los esfuerzos de vacunación empezaron a recibir más fondos del Ejecutivo en las primeras décadas del siglo XX. En 1935 se fundó el Ministerio de Salud; en 1936, el Instituto Nacional de Higiene y Salud Pública; y en 1951, el Instituto Nacional de Salud. Para la década de 1930, la viruela, gracias a las campañas de vacunación, había retrocedido notablemente en zonas urbanas del país, aunque seguía siendo un problema recurrente en el ámbito rural. De una población total aproximada del Perú de unos cinco millones de habitantes, se calculaba que dos millones seiscientos mil habían sido vacunados para 1930; es decir, la mitad de los peruanos (Quirós, 1996).

A pesar de estos esfuerzos estatales, del mayor desarrollo de la medicina científica, y de la creación de instituciones y cargos específicos para promover la vacuna, hubo limitaciones. Entre ellas, la difícil geografía peruana, el aislamiento de muchas poblaciones, el clima, la incapacidad de mantener refrigerado el fluido vacuno en algunas zonas del país y la desconfianza de la población, pues, a veces, quienes se habían vacunado contraían la enfermedad debido a que las vacunas estaban en mal es-

tado o quienes las aplicaban no se habían capacitado bien. La ausencia de servicios de salud, de postas o médicos fuera de Lima tampoco ayudaba. Eran muy pocos los médicos que se iban a trabajar al interior del país (Quirós, 1996).

En este contexto hubo también oposición a la vacuna por diversos motivos. El rol del Estado se cuestionó respecto a si se podía obligar a los padres a vacunar a sus hijos o si esa debía ser una decisión familiar. En paralelo, seguía la desconfianza de algunas personas en relación con la efectividad de la vacuna; la empresa de pagarla durante aquellas décadas fue inmensa y empujó a un cambio en cuanto al rol estatal en el ámbito de la salud. Gracias a ello, la presencia estatal en cuanto a temas de salud se incrementó a escala nacional; incluso empezó a llegar a zonas antes olvidadas como la Amazonía y se establecieron servicios de vacunación usando los ríos de la región para llegar a la población.

### ***La erradicación de la viruela***

En 1949, Fred Soper, médico estadounidense, director de la Organización Panamericana de la Salud, propuso una campaña regional para acabar con la viruela en las Américas. El crecimiento de los servicios estatales de salud, la posibilidad de conseguir recursos y mejorar tecnológicas, y un espíritu de época pos Segunda Guerra Mundial de mucha confianza en las posibilidades de la ciencia y la tecnología, lo llevaron a tomar esta decisión. Las campañas masivas de vacunación en la década de 1950 permitieron que la viruela fuera erradi-

cada en el Perú en 1957 (Cueto, 2004). A escala global, a pesar de vivir por aquel entonces en el contexto de la Guerra Fría, las superpotencias se aliaron para acabar con la viruela, lo cual se hizo posible en 1980, cuando esta enfermedad fue declarada como erradicada por la Organización Mundial de la Salud.

Cabe acotar que la viruela no fue la única enfermedad con la que se acabó a partir de vacunaciones masivas; otro caso destacable es el de la poliomielitis (conocida como polio). Esta enfermedad viral contagiosa se manifiesta, en sus casos más leves, de una forma similar a la gripe, mientras que en sus casos más graves o agudos puede llegar a producir parálisis aguda o la muerte. Durante el siglo XX fue una de las enfermedades más temidas, pero en 1991 fue erradicada del país y de las Américas. Ello pudo lograrse, principalmente, gracias al compromiso de la sociedad civil y a la vocación de las enfermeras y médicos del Programa Ampliado de Inmunizaciones (PAI) (Lossio y Barriga, 2012 y 2013). Asimismo, en 2016 se erradicó el sarampión de las Américas, nuevamente gracias a campañas masivas de vacunación.

### Reflexiones

La historia nos enseña que la vacuna ha sido un instrumento central en la lucha contra las enfermedades. De igual manera, las sucesivas campañas de vacunación desarrolladas durante los siglos XIX y XX contribuyeron a institucionalizar la salud pública en el Perú. La vacuna contra la viruela no fue inicialmente aceptada por todos y hubo oposición a va-

cunarse por diversos factores: escepticismo frente a su eficacia, temor a contraer sífilis y la coexistencia de múltiples formas de explicar el origen de las enfermedades. No todos aceptaban las explicaciones científicas y, en este contexto, los rumores y los temores válidos algunos fueron confrontados con campañas de información y persuasión.

Sin duda, la experiencia de la vacunación contra la viruela debe servir de aliciente para la gran campaña de vacunación global que se realizará en el año 2021 a escala global contra la COVID-19. Entre las lecciones que podemos tomar destaca la importancia de ganar el apoyo de la sociedad civil; es decir, lograr

que escolares, universitarios y universitarias, y maestros y maestras acompañen directamente en esta labor masiva de vacunación a los trabajadores de la salud pública. En segundo lugar, es fundamental comunicar sobre el valor de la vacuna, teniendo en cuenta la coexistencia de múltiples formas de entender la salud y la enfermedad. Ello implica no partir de la idea de que aquellos que dudan de la medicina científica lo hacen por simple ignorancia. Finalmente, es esencial la cooperación internacional y apoyarse en agencias multilaterales como la Organización Panamericana de la Salud o la Organización Mundial de la Salud.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bustíos, C. (2004). *Cuatrocientos años de la Salud Pública en el Perú, 1533-1933*. Fondo Editorial de la UNMSM.
- Cueto, M. (1997). *El regreso de las epidemias: salud y sociedad en el Perú del siglo XX*. IEP.
- Cueto, M. (2004). *El valor de la salud: historia de la Organización Panamericana de la Salud*. Organización Panamericana de la Salud.
- Cueto, M., Lossio, J. y Pasco, C. (eds.) (2009). *El rastro de la salud en el Perú*. IEP.
- García, U. (2013). La implantación de la viruela en los Andes, la historia de un holocausto. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 20(1).
- Lastres, J. B. (1957). *La salud pública y la prevención de la viruela en el Perú*. Ediciones del Ministerio de Hacienda y Comercio.
- Lossio, J. y Barriga, E. (2012). Los rotarios y la erradicación de la polio en el Perú. *Summa Humanitatis*, 6, pp 48-81.
- Lossio, J. y Barriga, E. (2013). Sendero Luminoso y la erradicación de la polio en el Perú. *Quehacer*, 189, pp 56-62.
- Lossio, J. y Barriga, E. (2017). *Salud pública en el Perú del siglo XX. Paradigmas, discursos y políticas*. Instituto Riva-Agüero.
- Quirós, C. (1996). La viruela en el Perú y su erradicación: recuento histórico. *Revista Peruana de Epidemiología*, 9(1).

# CAMPAÑAS DE VACUNACIÓN Y MOVIMIENTOS ANTI-VACUNA EN EL PERÚ

## Inicio de una pandemia

En diciembre del 2019 empezaron a circular noticias de un virus sumamente letal y contagioso que estaba propagándose desde China. La OMS lo identificó como una pandemia, con el nombre de Covid-19. Sin embargo esta es una de muchas pandemias que ha sufrido la humanidad.

01



1796

### La primera vacuna que se desarrolló fue la vacuna contra la viruela

Su descubridor fue el médico británico Edward Jenner, que identificó la inmunidad a partir de la exposición a la viruela vacuna.

La vacuna antivariólica marcó un hito en la historia de la salud pública y ha permitido a lo largo de más de 200 años salvar cientos de millones de vidas.

02



1807

### La llegada de la vacuna al Perú

Llega al Perú desde España, la Real Expedición Filantrópica de la Vacuna (1803-1810), dirigida por los médicos Francisco Javier de Balmis y José Salvani, con la misión de vacunar contra la viruela a toda la población de las colonias. De esta forma se inició la primera campaña de vacunación en las principales ciudades del virreinato.

04



1896

### Se crea el Instituto Nacional de Vacuna, en Lima

Se ubicó al lado del Palacio de la Exposición y en 1902 se trasladó frente a la Penitenciaría, llamándose Instituto Nacional de Vacuna y Seroterapia. Funcionó hasta 1933.

Se encargó de producir la vacuna contra la viruela, sueros para hacer frente a otras enfermedades y a organizar campañas de vacunación masivas.

05



### La erradicación de la viruela y la polio

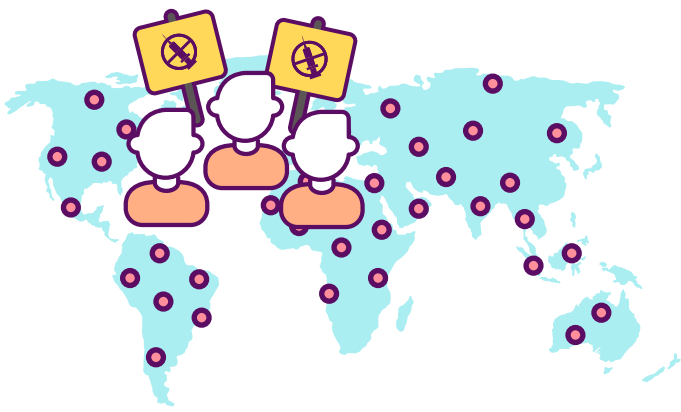
Durante el siglo XX la polio fue una de las enfermedades más temidas.

**1949:** La OPS propuso una campaña regional para acabar con la viruela en las Américas.

**1957:** Perú acabó con la viruela.

**1985:** Perú inició la campaña de erradicación de la polio.

**1991:** El último caso de polio en las Américas se presentó en Junín, Perú.



## Movimientos anti-vacuna

Desde que existe la vacuna, existen los movimientos anti-vacuna.

El enfoque histórico es necesario para comprender estas manifestaciones de rechazo a la vacuna y dejar de descartar estas respuestas como simplemente muestras de ignorancia y poder confrontarlas de forma más informada.

03



### ¿Por qué había gente que no quería vacunarse?

La vacuna despertó también cierto recelo en parte de la población. Esto motivado porque:

- Se conocía poco sobre la eficacia de la ciencia y se creía más en los saberes populares.
- Se pensaba que la campaña en realidad tenía el objetivo de aplicar más tributos a la población.
- Se creía que la vacuna, inoculada de brazo en brazo, transmitía enfermedades aún más peligrosas.



### La viruela ha sido erradicada definitivamente del planeta

La humanidad ha declarado...  
...erradicada definitivamente del planeta...  
...la Organización Mundial de la Salud...  
...en el año de 1980...

A nivel global, a pesar de vivir entonces en el contexto de Guerra Fría, las superpotencias se aliaron para acabar con la viruela, lo cual se hizo posible en el año de 1980, cuando la viruela fue declarada por la Organización Mundial de la Salud como erradicada.

# Infodemia: la otra epidemia en tiempos de la COVID-19

Walter Curioso y Elizabeth Espinoza

La pandemia ocasionada por la COVID-19 fue declarada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 11 de marzo de 2020, fecha en la que el virus del SARS-CoVD-2 ya afectaba a 114 países en todo el mundo).

Previamente, el 15 de febrero de 2020, el doctor Tedros Adhanom Ghebreyesus, director de la OMS, manifestó que a la lucha contra la pandemia se añadía la batalla contra la «infodemia» (OMS, 11 de marzo de 2020).

La infodemia se describe como la sobreabundancia de información (que puede ser veraz o no) y «que dificulta a las personas la búsqueda de fuentes y orientaciones válidas cuando lo necesitan». Al respecto, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) precisa que la infodemia hace referencia a un

gran aumento del volumen de información relativa a un tema, que puede incrementarse de forma exponencial en muy poco tiempo por un incidente determinado, como es la pandemia actual. En esta situación, aparecen rumores e informaciones falsas y se tergiversa la información con fines dudosos. En la era de la información, este fenómeno se ve amplificado por efecto de las redes sociales, propagándose a gran velocidad como un virus. Se propaga entre las per-

sonas de manera similar a una epidemia, a través de sistemas de información digitales (incluyendo las redes sociales) y por medios físicos (OPS, 2020, p. 12).

Si bien casos similares a la infodemia por la COVID-19 han acontecido durante otras emergencias sanitarias, en el contexto actual, su expansión y amplificación se han visto aceleradas por los medios digitales, incluyendo las redes sociales.

Así, este fenómeno está siendo estudiado por científicos e investigadores en el ámbito internacional, con el objetivo de entender sus patrones, estructuras y características, para poder mitigar sus consecuencias a través de estrategias, políticas, programas e iniciativas globales.

Es preciso mencionar que la infodemia puede agravar la situación de pandemia de la COVID-19 por diferentes factores:

- Dificulta la búsqueda de fuentes confiables y orientaciones válidas por parte de la población general, los tomadores de decisión y el personal sanitario. Las fuentes pueden ser páginas web, aplicaciones móviles, blogs, etc.
- Acrecienta la ansiedad y la depresión de la población, ya que provoca angustia,

miedo, sensación de impotencia, entre otros.

- Menoscaba los procesos de toma de decisiones cuando existe la necesidad de adoptar respuestas rápidas y cuando no existe el tiempo suficiente para analizar la evidencia científica en detalle.

## **Recomendaciones de la OMS para navegar por la infodemia**

La OMS (2020) recomienda siete pasos que las personas pueden seguir para navegar por esta ola de información y decidir en quién y en qué confiar:

### **1. Evaluar la fuente**

¿Quién compartió la información contigo y de dónde la obtuvo? Incluso si se trata de amigos o familiares, es preciso investigar su origen.

Para buscar cuentas de redes sociales falsas es importante mirar cuánto tiempo han estado activos los perfiles, sus números de seguidores y sus publicaciones más recientes. Para los sitios web, consultemos las páginas «Acerca de nosotros» y «Contáctenos» para buscar información de antecedentes y detalles de contacto legítimos.

Cuando se trata de imágenes o videos, es clave que ge-



Si bien casos similares a la infodemia por la COVID-19 han acontecido durante otras emergencias sanitarias, en el contexto actual, su expansión y amplificación se han visto aceleradas por los medios digitales y las redes sociales.

neremos el hábito de verificar la autenticidad de dichos archivos. Para las imágenes, se pueden utilizar las herramientas de búsqueda de imágenes inversas proporcionadas por Google<sup>7</sup> (<https://www.google.com/imghp>) y TinEye (<https://tineye.com/>). Para los videos, se puede utilizar el DatViewer del *YouTube* de Amnistía Internacional (<https://citizen-evidence.amnestyusa.org/>), donde podemos ingresar la URL de videos de *YouTube* y extraer imágenes que permiten buscar imágenes inversas.

Otra pista de que una fuente puede ser poco confiable o inexacta es que aquella muestra un diseño visual poco profesional, mala ortografía y gramática o usa excesivamente las mayúsculas o signos de

exclamación.

## 2. Ir más allá de los titulares

Los titulares pueden ser intencionalmente sensacionalistas o provocativos para obtener un gran número de clics. Leamos más que solo el título de un artículo; vayamos más allá y leamos la historia completa. Busquemos más información que solo aquella que aparece en las redes sociales; busquemos fuentes impresas como periódicos y revistas, y fuentes digitales como podcasts y sitios confiables de noticias en línea. La diversificación de sus fuentes nos permitirá tener una mejor idea de lo que es fidedigno o no.

## 3. Identificar al autor

Busquemos el nombre del autor en la web para averiguar si es real o creíble.

## 4. Verificar la fecha

Cuando encontremos información, hagámonos estas preguntas: ¿es esta una historia o un artículo reciente? ¿Está actualizada y es relevante para los eventos actuales? ¿Se ha utilizado un titular, una imagen o una estadística fuera de contexto?

## 5. Examinar la evidencia de apoyo y los datos probatorios

Los artículos confiables y las historias creíbles respaldan sus afirmaciones con hechos; por ejemplo, citas a artículos científicos o enlaces a estadísticas o estudios. Verifiquemos que los expertos sean confiables y que los enlaces realmente respalden la historia. Cuando las fuentes citen a investigadores, cotejemos que sus hojas de vida estén registradas en el

<sup>7</sup> Google. *Cómo realizar una búsqueda con una imagen en Google*. Disponible en: <https://support.google.com/websearch/answer/1325808?co=GENIE.Platform%3DDesktop&hl=es-419>

CTVita del CONCYTEC (<https://ctvita.concytec.gob.pe/appDirectorioCTI/>). Recordemos que los investigadores calificados por el CONCYTEC se encuentran en el Registro de Investigadores Renacyt (<https://renacyt.concytec.gob.pe/>). En dicha página podemos realizar la búsqueda por nombre del investigador y por la institución en la que labora.

### 6. Comprobar sus tendencias

Todos tenemos tendencias y estas influyen en la forma en que percibimos lo que sucede a nuestro alrededor. Evaluemos sus propias tendencias y por qué es posible que nos hayamos sentido atraídos por un titular o una historia en particular.

- ¿Cuál es su interpretación al respecto?
- ¿Por qué reaccionó de esa manera?
- ¿El artículo cuestiona sus supuestos o dice lo que quiere usted oír?
- ¿Qué aprendió usted sobre sí mismo a raíz de su interpretación o reacción?

### 7. Acudir a verificadores de hechos u organizaciones de constatación

En caso de duda, consultemos a organizaciones confiables de verificación de datos, como la International Fact-Checking Network (<https://www.poynter.org/about-the-international-fact-checking-network/>) y

los medios de noticias globales enfocados en desacreditar la información errónea, incluidos Associated Press (<https://apnews.com/hub/ap-fact-check>) y Reuters (<https://www.reuters.com/fact-check>).

En español, el Portal LATAM CHEQUEA Coronavirus (<https://chequeado.com/latamcoronavirus/>) es un esfuerzo colaborativo de 35 organizaciones<sup>8</sup> y coordinado por Chequeado. Además, ante los rumores que circulan sobre las medidas adoptadas por las autoridades y sus alcances, el portal muestra las medidas implementadas por los gobiernos nacionales de los países que participan en esta iniciativa.

Sin duda, los medios de comunicación juegan un rol importante para combatir la desinformación. Por ejemplo, el diario *El Comercio* del Perú ha elaborado la campaña «Date cuenta», que brinda recursos y herramientas para reconocer noticias falsas difundidas a través de cadenas de *WhatsApp* o de medios sensacionalistas.<sup>9</sup>

### **Cómo navegar por la información inexacta**

Es útil pensar que la información errónea y la desinformación se propagan de la misma manera que los virus. Una persona puede compartir noticias falsas con sus amigos y familiares, y luego un puñado de ellos hace lo mismo con más amigos y familiares; y

antes de que nos demos cuenta, la información potencialmente dañina o peligrosa se está apoderando de las noticias que llegan a todos.

Así como podemos protegernos de la COVID-19 con el lavado de manos, el distanciamiento físico y las mascarillas, podemos frenar la propagación de información errónea y desinformación si practicamos cierta higiene de la información. Antes de compartir algo, es preciso hacernos estas preguntas:

- ¿Cómo me hace sentir esta información?
- ¿Por qué voy a compartir esta información?
- ¿Cómo sé si esta información es cierta?
- ¿De dónde procede esta información?
- ¿La agenda de quién podría estar apoyando al distribuir o compartir esta información?

Si sabes que algún dato o información son falsos, no los compartas para desacreditar a la fuente o burlarte. Esa situación no hace sino propagar aún más la información errónea y la desinformación. Obtén más información sobre cómo denunciar información errónea en el siguiente enlace de la OMS (en español): <http://bit.ly/Infoerronea>.

La OMS ha desarrollado una guía para ayudar a las personas, los líderes comunitarios, los gobiernos y el sector pri-

<sup>8</sup> Estas son: AFP Factual, Salud con Lupa, Aos Fatos, Estadão Verifica y Lupa de Brasil; Bolivia Verifica; Mala Espina Check de Chile; La Silla Vacía y ColombiaCheck de Colombia; #NoComaCuento y La Voz de Guanacaste de Costa Rica; Periodismo de Barrio y El Toque de Cuba; Ecuador Chequea y GK de Ecuador; EFE Verifica, Maldita y Newtral de España; Agencia Ocote de Guatemala; Animal Político, Spondeo Media y Verificado de México; Despacho 505 y La Lupa de Nicaragua; El Surtidor de Paraguay; Convoa, OjoPúblico y Verificador de Perú; Observador y Polígrafo de Portugal; PoletikaRD de República Dominicana; UyCheck de Uruguay; y Cotejo.info, Efecto Cocuyo y EsPaja de Venezuela.

<sup>9</sup> Los recursos de la campaña están disponibles en el siguiente enlace web: <https://especiales.elcomercio.pe/?q=especiales/date-cuenta-ecpm/index.html>

vado a comprender algunas acciones clave que pueden tomar para gestionar la infodemia por la COVID-19.<sup>10</sup> Finalmente, la OMS también ha desarrollado material en español con consejos para la población acerca de los rumores sobre el nuevo coronavirus. Algunos de los tópicos que se abordan son los siguientes:

- Los suplementos de vitaminas y minerales no curan la COVID-19
- Los estudios demuestran que la hidroxiquina no produce efectos clínicos beneficiosos en el tratamiento de la COVID-19.
- ¿Puede tratarse con dexametasona a todos los pacientes de COVID-19?
- ¿Pueden los zapatos propagar el virus de la COVID-19?
- Las moscas domésticas no transmiten la COVID-19.
- Pulverizar lejía u otros desinfectantes sobre el cuerpo o introducirlos en el organismo no nos protege de la COVID-19 y puede ser peligroso.
- Beber metanol, etanol o lejía no previene ni cura la COVID-19 y puede ser extremadamente peligroso.
- Las redes 5G de telefonía móvil no propagan la COVID-19.
- Beber alcohol no nos protegerá de la COVID-19 y podría ser peligroso.
- El nuevo coronavirus no puede transmitirse a través de picaduras de mosquitos.
- Las vacunas contra la neumonía, ¿protegen contra el nuevo coronavirus?
- ¿Conviene enjuagarse regularmente la nariz con una solución salina para prevenir la infección por el nuevo coro-

navirus?

- ¿Comer ajo puede ayudar a prevenir la infección por el nuevo coronavirus?
- ¿Son eficaces los antibióticos para prevenir y tratar la infección por el nuevo coronavirus?
- ¿Hay algún medicamento para prevenir o tratar la infección por el nuevo coronavirus?

En conclusión, recordemos siempre que la información cambiará a medida que aprendamos más sobre el comportamiento del virus y sobre la pandemia por la COVID-19. Por ello, como personas responsables y conscientes de los riesgos y las posibles consecuencias de compartir y difundir este tipo de información y mensajes, es fundamental verificar y cotejar tanto las fuen-

tes como la información misma antes de compartirla, así como tomar con precaución lo que se difunde a través de internet. Además, no debemos creer todo lo que se publica o todo lo que circula a través de las redes sociales o la información que recibimos por *WhatsApp* u otros aplicativos de mensajería. La gestión de la pandemia por la COVID-19 y la infodemia relacionada requieren acciones rápidas y coordinadas entre los múltiples sectores de la sociedad y el gobierno, las cuales deben estar adaptadas a cada contexto sociocultural y local, aspectos fundamentales para combatir la desinformación y generar confianza en la población respecto al sistema de salud a medida que evoluciona la pandemia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Organización Mundial de la Salud (OMS) (11 de marzo de 2020). *Alocución de apertura del Director General de la OMS en la rueda de prensa sobre la COVID-19*. <https://www.who.int/es/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>

Organización Mundial de la Salud (OMS) (15 de febrero de 2020). *Conferencia de Seguridad de Múnich*. <https://www.who.int/es/director-general/speeches/detail/munich-security-conference>

Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2020). *30 Conceptos fundamentales para luchar contra la COVID-19 en la era de la interdependencia digital*. [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52671/OPSEIHIS-COVID-19200017\\_spa.pdf?sequence=4](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52671/OPSEIHIS-COVID-19200017_spa.pdf?sequence=4)

World Health Organization (2020). *Let's flatten the infodemic curve*. 2020. <https://www.who.int/news-room/spotlight/let-s-flatten-the-infodemic-curve>.

<sup>10</sup> La guía, en inglés, puede descargarse del siguiente enlace web: <http://bit.ly/WHOInfodemic>.

# BUENOS CONSEJOS PARA ESQUIVAR LA INFODEMIA



# 1



## Evaluar la fuente

¿De dónde procede la información y quién la proporcionó? Incluso si fue un amigo o un familiar, compruebe la fuente.

## No conformarse con los titulares

Los titulares pueden ser intencionadamente provocativos o sensacionalistas.



# 2

# 3



## Identificar el autor

Busque en línea el nombre del autor para comprobar que existe y es fiable.

## Comprobar la fecha

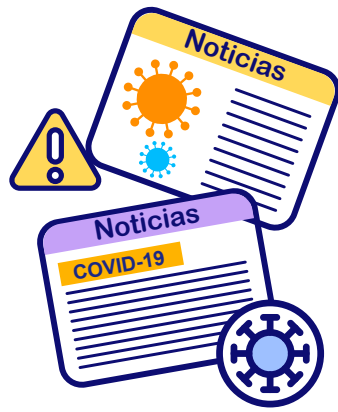
Compruebe que la información sea reciente y pertinente para la situación actual y que no se ha sacado de contexto ningún título, imagen o estadística.



# 4

## Infodemia:

Sobreabundancia de información que dificulta a las personas la búsqueda de fuentes y orientaciones válidas cuando lo necesitan.



Aparecen rumores e informaciones falsas.

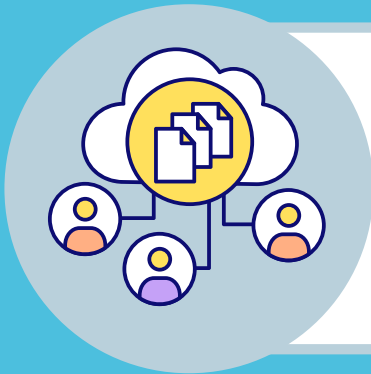


Se tergiversa la información con fines dudosos.



Las redes sociales, propagándose a gran velocidad como un virus.

# 5



### Examinar las pruebas aportadas

Los artículos fiables respaldan sus afirmaciones con hechos.

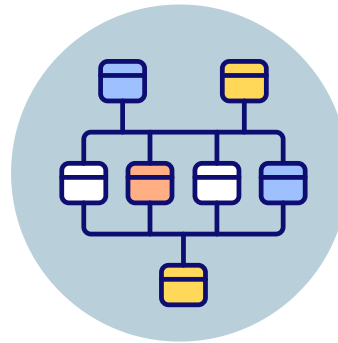
# 6



### Olvidar los prejuicios

Pregúntese si tiene prejuicios que puedan influir en su opinión sobre los que es o no creíble.

# 7



### Consultar a instituciones que verifican la veracidad de la información

Por ejemplo a la Red Internacional de Verificación de Datos (IFCN) o a otros medios de comunicación internacionales que combaten la desinformación.



3

**INVESTIGACIÓN  
EN EL PERÚ**

# A la caza del genoma SARS-CoV-2 peruano

Myra E. Flores

El 6 de marzo de 2020 se confirmó oficialmente el primer paciente contagiado con la COVID-19 en nuestro país. Desde ese momento, el SARS-CoV-2 inició su expansión por todas las regiones del Perú gracias a cada conversación cómplice entre familiares, colegas, amigos o conocidos que no se daban cuenta que, con cada palabra que pronunciaban, esparcían un potencial asesino.

Un mes después, los investigadores de los Laboratorios de Referencia Nacional de Biotecnología y Biología Molecular y de Virus Respiratorios del Instituto Nacional de Salud (INS), ente adscrito al Ministerio de Salud, anunciaron que acababan de secuenciar el genoma completo del coronavirus que estaba presente en nuestro país. Es decir, habían logrado desnudarlo completamente y conocer la composición exacta de su material genético. En comparación con el coronavirus de Wuhan reportado en 2019, la versión que acechaba al Perú presentaba tres mutaciones en zonas no muy relevantes.

Los virus necesitan de un ser vivo —un hospedero— para poder reproducirse. Una vez adentro, secuestran algunas células y las ponen a trabajar a toda marcha para reproducirse por miles. Como toda línea de producción, el proceso de fabricación de nuevos virus también está sujeto a fallos que en este caso se llaman

mutaciones. El SARS-CoV-2 es un virus de ARN, pues su manual de instrucciones, conocido como *genoma*, está codificado en una larga combinación de cuatro bases químicas denominadas como A, G, C, U. Una mutación supone un cambio de una letra por otra, como cuando nos equivocamos al tipear un texto que deseamos copiar, lo cual genera un fallo.

Conocer el genoma exacto del virus que ronda en nuestra región ha permitido que otros investigadores puedan afinar mucho más los pasos que estaban dando en dos direcciones. La primera, camino a desarrollar pruebas de diagnóstico molecular más sencillas y rápidas que las compradas en el exterior en aquel momento. Las pruebas moleculares estándar para COVID-19 suponen el uso de una máquina de PCR, un equipo de alta tecnología que además requiere personal altamente capacitado para su correcto uso. Varios grupos de investigadores usaron la información del genoma del virus para el diseño de pruebas de diagnóstico más sencillas, más rápidas e, incluso, más económicas, que pudieran usarse en las regiones más alejadas de nuestro territorio. En una segunda dirección, un grupo emprendió el diseño y el desarrollo de una vacuna, que, de ser posible, sería la primera desarrollada, y quizá fabricada, en nuestro país.

Los virus, al reproducirse rápidamente, sufren una gran cantidad de mutaciones. Muchas veces estas no tienen mayor efecto, pero si ocurren en zonas claves del genoma, sí podrían afectar el *modus operandi* del virus. Por ejemplo, algunos efectos de una mutación pueden ser que el virus adquiera la capacidad de transmitirse más rápido, que deje de ser reconocido por los test de diagnóstico del momento, que deje sin efecto las vacunas aplicadas o se vuelva más virulento o, en el mejor de los casos, menos.

## Vigilando los cambios

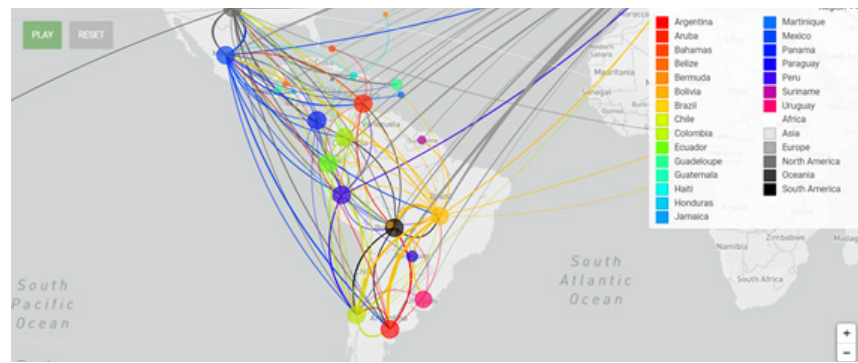
A la amenaza de una rápida expansión de la enfermedad, se suma la facilidad para mutar de los virus. Por ello surge la necesidad de cuidar a la ciudadanía, ya sea mediante las vacunas o tratamientos que ayuden a sobre llevar la enfermedad, así como también la urgencia de vigilar de cerca al coronavirus en el ámbito de su ARN. Ello implica una vigilancia genómica; es decir, secuenciar con cierta periodicidad y en distintas partes del país —mucho mejor si es en todas las regiones— muestras de coronavirus para monitorear la aparición de posibles nuevas variantes. Esta vigilancia es necesaria para saber que los test de diagnósticos siguen siendo adecuados, que las vacunas que se van aplicando siguen teniendo efectivi-

dad o si se debe hacer un ajuste que responda a la aparición de nuevas cepas. Ayuda también a saber cómo se ha ido desplazando el virus en nuestro territorio y cómo ha ido evolucionando. Una vigilancia genómica nacional facilitaría la mejor toma de decisiones y un adecuado diseño de políticas de salud en la lucha contra esta pandemia.

Varios laboratorios, liderados principalmente por investigadores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y el Instituto Nacional de Salud, han puesto en marcha lo que podemos denominar el primer programa de vigilancia genómica de nuestro país que, hasta febrero de 2021, ya ha dejado de libre disponibilidad 900 secuencias de SARS-CoV-2 de pacientes peruanos. Este estudio preliminar ha permitido saber que en nuestro territorio aparecen dos mutaciones del coronavirus por mes. Además, ha hecho posible detectar que las variantes observadas en Lima y Callao aparecieron días y semanas después en otras regiones, lo que confirma que ambos lugares fueron el origen de la epidemia en el Perú. Se ha visto también que el virus no solo llegó al territorio nacional a través del «paciente cero» anunciado el 6 de marzo, sino que entró por varias vías y que existieron muchos pacientes cero con distintas variedades.

El hallazgo más interesante hasta ahora es la detección de una «cepa peruana». Al respecto, una nueva variante de coronavirus fue detectada por primera vez en Lima en diciembre 2020 y se ha expandido a otras regiones del Perú.

La denominada «cepa peruana» tiene mutaciones que los científicos deben tener en cuen-



La imagen muestra el monitoreo de la dinámica de la pandemia del coronavirus en Latinoamérica y el Caribe realizado por GISAID.

ta; de lo contrario, podría verse afectada la efectividad de las pruebas de diagnóstico y de las vacunas que se están aplicando y desarrollando.

Esta nueva cepa se está expandiendo también en Chile y algunos casos ya se han detectado en Argentina, Australia, Brasil, Ecuador, Alemania, España, Reino Unido y Estados Unidos.

Si bien este proyecto ya ha establecido las bases colaborativas y tecnológicas para montar una primigenia red de vigilancia genómica en nuestro país, estos hallazgos ponen de relieve la necesidad de tener más laboratorios que analicen y secuencien genomas a escala nacional; con ello será posible contar con información pertinente para una toma de decisiones que garantice el correcto manejo de la epidemia según los requerimientos de cada región.

### Colaboración mundial

El concepto de vigilancia genómica se puso en marcha años atrás. Por ejemplo, en 2008 se creó el consorcio público-privado GISAID (Global Initiative on Sharing Avian Influenza Data) como una iniciativa mundial para compartir datos sobre la influenza aviar de manera abierta. Este proyecto ha seguido incentivando el intercambio rápido de

datos durante la pandemia de H1N1 en 2009, la epidemia de H7N9 en 2013 y, por supuesto, ahora está siendo la plataforma de referencia en la pandemia de COVID-19.

GISAID almacena las secuencias de todos los países que desean compartirlas públicamente. Hasta junio de 2021, esta plataforma contaba con cerca de un millón novecientos mil secuencias de SARS-CoV-2 compartidas de al menos 170 países de todas las regiones. El Perú colabora con esta red subiendo las secuencias obtenidas en nuestro territorio.

La pandemia de la COVID-19 ha marcado el comienzo de una era de vigilancia genómica en la que los científicos rastrean cambios genómicos en un virus a una velocidad y a una escala nunca antes vistas. De esta manera, ello ha pasado de ser un concepto teórico a ser una herramienta con capacidad de ayudar a impulsar rápidamente la toma de decisiones de salud pública. Los científicos están haciendo su parte del trabajo; ahora les toca a las autoridades y a los políticos definir mejores estrategias y políticas de salud basadas en evidencias. Una prueba más de que #SinCienciaNoHayFuturo.



4

**INVESTIGACIÓN  
EN MARCHA**



# Científicas peruanas luchando contra la COVID-19

Myra E. Flores

**A** inicios de marzo de 2020, un virus desconocido posó su corona por primera vez en nuestro país. A las pocas semanas, el CONCYTEC, el ente rector de la ciencia y tecnología en el Perú, hizo el primer llamado a sus científicos y los instó a presentar propuestas de investigación que ayudaran en la lucha contra la COVID-19 desde sus diversos ámbitos de acción. Con tan solo cinco días de convocatoria, se registraron 501 propuestas. Un segundo llamado se hizo en octubre. Del total de los dos llamados, un tercio de las iniciativas ganadoras son lideradas por mujeres. Conozcamos aquí algunos de estos proyectos.

## **Usando sonidos pulmonares para detectar neumonía**

Cierra los ojos e intenta recordar el sonido que produjiste la última vez que aspiraste con un sorbete las últimas gotas de líquido del fondo de un vaso. Recuerda también el ronquido molesto de algún pariente que se quedó dormido en la sala de tu casa. Imagina ahora que esos sonidos son producidos por tus pulmones cada vez que respiras. Quizá los has experimentado si sufriste alguna gripe con flema o alguna otra complicación bronquial. ¿Los recuerdas?

Cuando son afectadas, y sobre todo cuando está comprometido el flujo de aire que ingresa, nuestras vías respiratorias producen distintos sonidos con características propias que nos ayudan a clasificarlos y estudiarlos.

La neumonía está siendo una desagradable compañera del coronavirus, no solo porque está aquejando por partida doble a un porcentaje importante de pacientes con COVID-19, sino que añade más

*«El 2020, el CONCYTEC instó a la comunidad científica a presentar propuestas de investigación que ayudaran en la lucha contra la COVID-19. Del total de las propuestas ganadoras, un tercio son lideradas por mujeres».*

incertidumbre a la efectividad de los todavía poco conocidos tratamientos.

Meses antes del inicio de la pandemia, Alicia Alva, matemática egresada de la Universidad Nacional de Ingeniería, estaba trabajando en un dispositivo que fuese capaz de capturar y reconocer los sonidos pulmonares. Inicialmente pensado para detectar neumonía en niños menores de 5 años, el SamayCOV sería una valiosa herramienta en la lu-

cha contra la COVID-19, pero no una más, sino un dispositivo capaz de llegar a los lugares más recónditos de nuestro país, en donde la asistencia médica es itinerante, sin que se cuente con la presencia constante de un médico.

En cuanto a su funcionamiento, el SamayCOV capta los sonidos y los convierte en señales eléctricas que son enviadas a un teléfono celular para ser analizadas por un programa escrito en Python, el lenguaje de programación más usado en la actualidad. Una vez interpretados, los sonidos son estudiados y clasificados en normales y anormales. Esta catalogación permite detectar el riesgo de padecer neumonía. Adicionalmente, se recoge información sobre algunos signos y síntomas, como presencia de dolor muscular y fiebre, temperatura corporal, saturación de oxígeno, entre otros, que permiten evaluar la sospecha de infección por coronavirus. Con la información global, el personal médico puede recomendar el inicio de algunas acciones en beneficio de la salud del paciente, hasta la comprobación de las enfermedades por los métodos tradicionales establecidos.

Como se señaló anteriormente, gracias a su bajo costo y facilidad de operación, el



dispositivo podrá ser implementado en las postas médicas de los lugares más alejados de las grandes ciudades, en donde la asistencia médica es escasa.

El proyecto contempla, además, el mapeo a escala nacional y en tiempo real de la aparición de casos de neumonía en pacientes con COVID-19 gracias al envío de datos constante del dispositivo hacia una central. Los datos recogidos incluyen la ubicación geográfica de la toma de muestra, el centro de salud, los síntomas del paciente, entre otra información que permita un monitoreo continuo de la incidencia de pacientes con neumonía y COVID-19 que facilite una mejor y más rápida respuesta de los tomadores de decisiones.

Alicia Alva, en su calidad de docente investigadora de la Universidad de Ciencias y Humanidades, lidera este proyecto que desarrolla junto a sus colegas del Laboratorio de Investigación en Tratamiento de Imágenes (INTI-Lab) y del Hospital Cayetano Heredia.

**Tecnología de bajo costo para proteger a nuestro personal médico**

Eveling Castro, ingeniera de sistemas y actual docente investigadora de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, ha liderado la construcción de videolaringoscopios encapsulados de bajo costo.

Un laringoscopio es un instrumento médico que permite visualizar el interior de la laringe y la faringe, y es esencial

- 1. La Mg. Alicia Alva de la UCH presenta el SamayCOV, valiosa herramienta en la lucha contra el Covid-19.
- 2. El equipo de investigadores de la UNSA muestra el prototipo de videolaringoscopio encapsulado de bajo costo.
- 3. El CavBio es el primer kit de diagnóstico molecular fabricado en nuestro país.
- 4. Prototipo del aplicativo Arim 2.0., proyecto de la PUCP liderado por la Dra. Layla Hirsh.

cuando se necesita intubar a un paciente y colocarle el ventilador pulmonar. Recordemos que un ventilador pulmonar es aquella máquina que sopla un flujo de aire más oxígeno hacia los pulmones de un paciente que no puede respirar por sus propios medios.

El problema con este dispositivo surge cuando el médico necesita estar muy cerca del paciente para colocarle el laringoscopio, a unos 15 centímetros de su boca y, si este es un paciente con COVID-19, el operador correrá un gran riesgo de contagio. Para estos casos, cuando existe un riesgo biológico, las guías médicas internacionales establecen el uso de un videolaringoscopio, que es un laringoscopio que porta una cámara de video que permite que el médico opere a mayor distancia. El inconveniente es que estos dispositivos tienen un alto costo y, por tanto, nuestros hospitales no suelen contar con ellos.

La propuesta liderada por Eveling contempla el uso de impresoras 3D para la fabricación del laringoscopio, y como cámara, propone el uso de un boroscopio, un instrumento óptico que se utiliza para visualizar espacios reducidos o de difícil acceso y que, además, puede conectarse a un dispositivo móvil, como un celular, que servirá como pantalla. De esta manera se puede construir un videolaringoscopio de mucho menor costo.

Adicionalmente, acompaña a este dispositivo el Aerosol Box, una caja de acrílico que da protección por contención. Esta se coloca sobre el paciente y cuenta con agujeros para que el personal médico pueda meter las manos e instalar el videolaringoscopio y, posteriormente, el ventilador mecánico. Asimismo, el Aerosol Box hace las veces de escudo protector, ya que retiene los aerosoles, la saliva y otras secreciones bronquiales que pudiera soltar el paciente duran-

te la colocación del ventilador pulmonar.

El proyecto contempla la construcción de 50 kits que incluyen el laringoscopio impreso con tecnología 3D; el boroscopio, que sirve como videocámara; la caja de acrílico (Aerosol Box), que sirve como escudo protector; y un dispositivo móvil, que sirve como pantalla o monitor.

Todos estos kits ya han sido entregados a hospitales de Cusco, Puno, Tacna, Ica y Arequipa, y ya están operativos y ayudando en la lucha contra esta pandemia.

### **El primer test de diagnóstico**

*«Las propuestas ganadoras se caracterizan por suplir diversas carencias halladas en los hospitales del Perú. En general, son de bajo costo y de fácil implementación, por lo que contribuirían a descentralizar su aplicación».*

### **para COVID-19 fabricado en el Perú**

En el Perú, el problema de la falta de pruebas para diagnosticar pacientes con COVID-19 al inicio de la pandemia surgió porque nuestro país no tiene una industria que las fabrique. Entonces, nuestra única opción era comprar las pruebas del extranjero y, debido a la alta demanda internacional, las transacciones se hicieron complicadas.

Actualmente, para diagnosticar la COVID-19 existen tres tipos de pruebas. Estas son: la de anticuerpos, que en nuestro país se bautizó como «la prueba rápida», debido a que los resultados se obtie-

nen casi de inmediato; la de antígenos, que llegó mucho después, y, del mismo modo que una prueba de embarazo, tiene como mecanismo la aparición de dos líneas en una plaquita en la cual se aplica la muestra y, luego, se obtiene el resultado en pocos minutos; y la más sensible, llamada «prueba molecular», que detecta la presencia de material genético de virus, es decir, su ARN.

Así como los humanos llevamos codificada toda nuestra información genética en las moléculas de ADN, los virus hacen lo propio con el ARN. La técnica usada en la prueba de diagnóstico se denomina reacción en cadena de la polimerasa con transcripción inversa (RT-PCR) y tiene la capacidad de hacer millones de copias de una molécula de ARN, de tal manera que puede detectar una cantidad muy pequeña de esta. La prueba molecular a menudo no necesita repetirse ni es preciso realizar otra de confirmación, como sí ocurre eventualmente con las otras dos pruebas.

Como se mencionó anteriormente, cuando llegó el coronavirus a nuestro país, no existía una industria nacional que fabricara este tipo de pruebas. Y fue en este contexto que Milagros Zavaleta, bióloga sanmarquina con catorce años de experiencia en el uso de técnicas de biología molecular, y su equipo de investigación sintieron que tenían en sus manos una forma de ayudar a combatir esta pandemia.

En tan solo unos meses, el equipo logró desarrollar un kit que contiene todos los re-

activos y los controles necesarios para aplicar este test de diagnóstico, pero, sobre todo, pudo validarlo satisfactoriamente. La etapa de validación fue muy importante ya que sometieron a su kit a distintas pruebas para demostrar que el CavBio, el primer kit de diagnóstico molecular fabricado en nuestro país, daba los mismos resultados que aquellos comprados en el exterior. Pero allí no terminó todo.

Para poder fabricar estos kits fue necesario adaptar su laboratorio y convertirlo en una planta de dispositivos médicos de diagnóstico *in vitro*<sup>11</sup> con certificación BPM<sup>12</sup> (buenas prácticas en manufactura); dicho de otro modo, el lugar debía contar con las condiciones y requisitos necesarios para asegurar la higiene y la calidad en la cadena de producción.

Es por ello que ahora gran parte de los laboratorios privados que ofrecen pruebas de diagnóstico de COVID-19 ya están usando los kits CavBio, ya que ello no solo les representa un ahorro de tiempo en la compra, sino también, un ahorro monetario.

Milagros Zavaleta actualmente se desempeña como directora de Investigación de la empresa BTS Consultores. Para el desarrollo de este proyecto contó con la colaboración de investigadores de esta entidad y del Centro de Investigaciones Tecnológicas, Bio-

médicas y Medioambientales (CITBM) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

### **Aplicativo para el registro de información médica de pacientes con COVID-19**

No es difícil intuir que la gran cantidad de casos positivos de COVID-19 que ingresan cada día a los hospitales hace que nuestros médicos que luchan en primera línea se vean obligados a dedicar menor tiempo a cada paciente. Mucho de ese valiosísimo tiempo se destina al registro de la información en papel; y, debido al

*«Los proyectos ganadores abarcan desde propuestas para el diagnóstico, pasando por el tratamiento y atención a los pacientes que contrajeron la enfermedad, hasta el seguimiento de su evolución».*

cansancio y al estrés acumulados, esta tarea es cada vez menos eficiente.

Layla Hirsh, ingeniera informática y actual investigadora de la Pontificia Universidad Católica del Perú, lidera el proyecto *ARIM 2.0: Aplicación para el registro de información médica*, que busca minimizar el tiempo y los errores en el registro de la información, de modo que el cuerpo médico pueda realizar un monitoreo más efectivo de sus pacientes.

En paralelo, la aplicación

irá recopilando data específica de los pacientes, como comorbilidades, signos, síntomas, tratamientos administrados, entre otros, para luego poder hacer un estudio retrospectivo y evaluar la idoneidad de los tratamientos, según cada caso.

El aplicativo se instala localmente en un dispositivo móvil —un celular, por ejemplo—, lo cual permite registrar toda la información necesaria del paciente, al mismo tiempo que esta se recolecta. Todo lo recopilado se envía para su procesamiento y almacenamiento en Amazon Web Service, un servicio de pago que permite salvaguardar la integridad de la data, así como tener acceso a ella en todo momento y desde cualquier lugar.

El aplicativo se integra con el actual sistema de registro existente en el hospital o centro de salud, de manera que se accede a él solamente para recoger la data, pero sin modificarla. Esto ya se está implementado en el Hospital Casimiro Ulloa, en donde se están realizando las pruebas piloto. Una vez pasadas las pruebas, el aplicativo y el sistema estarán a disposición gratuita de los hospitales y sistemas de salud que deseen implementarlos como herramienta de trabajo.

<sup>11</sup> *In vitro* es una locución del latín que literalmente significa «en vidrio» y hace referencia a los procedimientos de laboratorio que se realizan en tubos de ensayo, cajas Petri u otros recipientes que son usualmente de este material.

<sup>12</sup> Certificación internacional necesaria para este tipo de productos.

# INVESTIGACIÓN EN MARCHA

## Peruanas luchando contra la covid-19



**SamayCOV**, dispositivo capaz de capturar y reconocer los sonidos pulmonares.

**Capta los sonidos convirtiéndolos en señales eléctricas** que son enviadas a un teléfono celular para ser analizadas por un programa escrito en Phyton.

El proyecto contempla, además, el **mapeo a nivel nacional y en tiempo real**, de la aparición de casos de neumonía en pacientes covid-19.

### USANDO SONIDOS PULMONARES PARA DETECTAR NEUMONÍA

Por su bajo costo y facilidad de operación, el dispositivo podrá ser implementado en las postas médicas de los lugares más alejados de las grandes ciudades, en donde la asistencia médica es escasa.



**Alicia Alva**  
Matemática y actual docente investigadora de la Universidad de Ciencias y Humanidades.



El proyecto hizo posible la **construcción de 50 kits que incluyen:**

- Laringoscopio** impreso con tecnología 3D.
- Boroscopio** que sirve como videocámara.
- Aerosolbox**, caja de acrílico que sirve como escudo protector.
- Un **dispositivo móvil** que sirve como pantalla o monitor.

Los kits ya han sido entregados a hospitales de **Cusco, Puno, Tacna, Ica y Arequipa.**

### TECNOLOGÍA DE BAJO COSTO PARA PROTEGER A NUESTRO PERSONAL MÉDICO

Se podrá conectar a un dispositivo móvil, como un celular, que servirá como pantalla. De esta manera se puede construir un videolaringoscopio de mucho menor costo.



**Eveling Castro**  
Ingeniera de sistemas y actual docente investigadora de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

**CavBio** ya está siendo usado por laboratorios de diagnóstico autorizados.

Para poder fabricar fue necesario adaptar su laboratorio y convertirlo en una **planta de dispositivos médicos de diagnóstico in vitro** que tenga la certificación BPM.



La etapa de validación fue muy importante ya que sometieron su kit a distintas pruebas para demostrar que el **CavBio**, daba los mismos resultados que aquellos comprados en el exterior.

## EL PRIMER TEST DE DIAGNÓSTICO PARA COVID-19 FABRICADO EN EL PERÚ

En tan solo unos meses, se logró desarrollar un kit que contiene todos los reactivos y controles necesarios para aplicar este test, pero, sobre todo, lograron validarlo de manera satisfactoria.



**Milagros Zavaleta**  
**Bióloga** y directora de Investigación de la empresa BTS Consultores.

El aplicativo se instala **localmente en un dispositivo móvil**, permitiendo registrar toda la información necesaria del paciente al mismo tiempo que se recolecta.

Ya está siendo implementado en el **Hospital Casimiro Ulloa** (pruebas piloto).



El aplicativo **se integra con el actual sistema de registro existente** en el hospital o centro de salud, accediendo a él solamente para recoger la data, pero sin modificarla.

## APLICATIVO PARA EL REGISTRO DE INFORMACIÓN MÉDICA DE PACIENTES COVID-19

El proyecto busca minimizar el tiempo y los errores en el registro de la información, que le permita al cuerpo médico realizar un monitoreo más efectivo de sus pacientes.



**Layla Hirsh**  
**Ingeniera informática** y actual investigadora de la Pontificia Universidad Católica del Perú.



5

**FRONTERAS DE LA  
CIENCIA**

# Los neutrones saludables

Agustín Zúñiga

*Las reacciones nucleares de fisión en cadena de manera controlada generan neutrones muy útiles para el beneficio de la vida cotidiana y del medio ambiente. Este artículo busca explicar cómo la física está más involucrada en nuestras vidas de lo que creemos.*

En las sillas de espectadores estaba el enigmático profesor Compton, Premio Nobel de Física (1927), pero no formaba parte del equipo experimental; había sido designado por el comando del proyecto para vigilar al doctor Fermi en la experiencia de la prueba decisiva de la reacción nuclear de fisión en cadena controlada realizada el 2 de diciembre de 1942 en las instalaciones del estadio de la Universidad de Chicago. Daba la impresión de que no se confiaba plenamente en el éxito del equipo del sabio italiano, quien había llegado pocos años antes desde Europa y a quien se le había encargado la dirección del experimento desequilibrante de la Segunda Guerra Mundial.

¿Cómo un investigador va a «vigilar» a otro colega? ¿Qué iba a ocurrir en aquel experimento? Después de varias horas, el experimento culminó y el vigía asombrado se aproximó al teléfono para comunicar a su base, «el navegante italiano arribó exitosamente»: fue el inicio de los reactores nucleares. Similar sensación de dudas, riesgo y, finalmente, gozo sintieron los científicos e ingenieros peruanos cuando alcanzaron la primera crítica-

dad controlada en el país, el 30 de noviembre de 1988, con el reactor nuclear RP-10, en las pampas de Huarangal en Carabayllo. ¿Qué es esa instalación? ¿Se puede usar después de tantos años? ¿No explotará como Chernóbil o Fukushima? El lector necesita información.

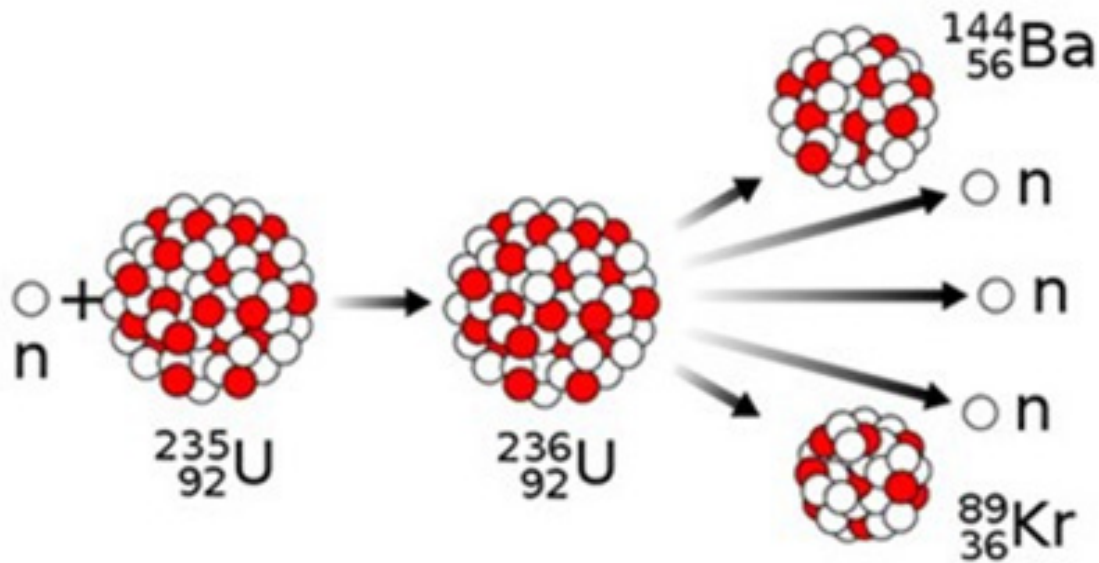
*«El 2 de diciembre de 1942, en las instalaciones del estadio de la Universidad de Chicago, tuvo lugar la primera reacción nuclear en cadena autosostenida de manera controlada».*

## **La reacción nuclear de fisión en cadena controlada**

La carrera por el manejo de las reacciones de fisión comenzó desde el primer día de su descubrimiento (el 19 de diciembre de 1938) por O. Hahn y F. Strassmann, en Alemania. Sabían que, desde la famosa relación de Einstein entre la conversión de masa a energía ( $E = mc^2$ ), en las reacciones de fisión se liberarían energías millones de veces mayores que en las reacciones químicas (un kilogramo de uranio libera una energía similar a veinte camiones de diez toneladas de carbón cada uno). En tanto, estaban en tiempos de guerra y

el reto inmediato era conocer cuánta masa de uranio se requeriría para alcanzar un arma transportable. La masa mínima requerida para producir la reacción de fisión en cadena autosostenida se denominó «masa crítica». En Alemania, esta tarea se le encargó al Premio Nobel de Física (1935) Heisenberg y en Estados Unidos la asumió Fermi, también Nobel de Física (1938), como parte del proyecto Manhattan. Aquel 2 de diciembre se alcanzó la primera reacción nuclear en cadena autosostenida de manera controlada en el Chicago pile-1, el primer reactor nuclear en el mundo. Pero ¿qué es una reacción nuclear de fisión?

Para comprenderlo comencemos identificando al uranio que está presente en la naturaleza con tres isótopos: Uranio-234 (0,0056%), Uranio-235 (0,7205 %) y Uranio-238 (99,2739 %). Sin embargo, por la pequeña cantidad del primero es suficiente considerar los dos últimos: el Uranio-235 (0,7%) y el Uranio-238 (99,3%). El átomo de uranio es radiactivo de manera natural, ello significa que, desde el núcleo, se emiten radiaciones, que pueden ser partículas (masa diferente de



**Figura 1.** La reacción nuclear de fisión producida por la absorción de un neutrón en el núcleo de Uranio-235 se forma en el núcleo compuesto Uranio-236 y como resultado se obtienen dos fragmentos de fisión y 3 neutrones.

cero) u ondas electromagnéticas (sin masa), las cuales muy raramente fisionan de manera espontánea por lo que, con fines de explotación comercial, se enriquece la concentración del Uranio-235 hasta niveles de 3% en las centrales nucleares (CN) y 20% en los reactores nucleares de investigación (RNI).

Interesa el Uranio-235 porque cuando los neutrones que emergen de una fisión con energías de dos millones de electrón voltios (MeV), la probabilidad de fisionar es baja; pero, si los neutrones disminuyen su energía mediante colisiones con moléculas de agua a centésimas de electrón voltios (0.03 eV), entonces la probabilidad de fisionar aumenta 500 veces.

La fisión puede entenderse de la siguiente manera: el núcleo del Uranio-235, que contiene 92 protones y 143

neutrones, está en una relativa calma (en su estado fundamental) y, de pronto, un inofensivo neutrón térmico pasa frente a él; es tan atractivo que ingresa al núcleo sin obstáculo y dentro se forma el núcleo compuesto Uranio-236. De este modo, la incorporación perturba el núcleo inicial y termina provocando una reacción (nuclear) de partición (fisión) en dos nuevos núcleos (fragmentos) y, adicionalmente, entre 2 a 3 neutrones. Los neutrones adicionales —como se dijo— nacen rápidos y, para generar nuevas fisiones, deben hacerse lentos (térmicos). Esa secuencia de fisiones de generación a generación se denomina «reacción en cadena». Estas reacciones no controladas dan origen a los artefactos bélicos, pero, si son controladas, constituyen los reactores nucleares. Pero, ¿cómo es un reactor nuclear?

### **Las partes de un reactor nuclear**

Los reactores nucleares tienen la función de realizar la fisión de manera controlada y, a partir de ello, poder aprovechar los productos de la fisión. En algunos casos sirven para utilizar la inmensa energía liberada y convertirla en electricidad en las centrales nucleares (CN). Entre las más conocidas figuran Chernóbil y Fukushima, por los desastres ocurridos en 1986 y 2011, respectivamente; sin embargo, en el mundo hay unas 400 CN que contribuyen hasta con un 15% de la energía mundial, sin ningún accidente de esa envergadura, en sus casi setenta años de funcionamiento. En Latinoamérica existen seis CN: tres en Argentina, dos en Brasil y una en México. El otro uso son los neutrones que se producen en un promedio de dos a tres nuevos en los reactores nucleares de

investigación (RNI), los cuales inciden en diversos materiales denominados «blancos» o «muestras», ubicados en lugares convenientes (posiciones de irradiación) dentro del núcleo del reactor o fuera de él, extraídos mediante guías (haces de neutrones).

Pero, ¿cuáles son las partes de un RNI?:

- El combustible: donde se producen las reacciones de fisión, usualmente el Uranio-235.
- El moderador: agua liviana, cuya función es disminuir la energía de los neutrones rápidos.
- El refrigerante: usado para retirar el calor generado en el combustible; usualmente es agua liviana.
- Barras de control: denominadas también barras de control y seguridad; se trata de cadmio o boro para capturar los neutrones antes de llegar al uranio y disminuir el número de fisiones.
- Blindaje: agua liviana y concreto, que rodean al núcleo.

- Núcleo: parte central de un reactor nuclear, donde está el combustible; requiere el máximo cuidado.
- Intercambiadores de calor: son unidades que retiran el calor del agua que proviene del núcleo (circuito primario) con agua liviana (fría) procedente de torres de enfriamiento (circuito secundario).
- Facilidades de irradiación: internas al núcleo y externas; en las primeras, el flujo neutrónico es mayor; en las externas, los neutrones salen mediante haces, tubos o guías para llegar a los blancos o muestras (CNEA, 2 de enero de 2018).

Cabe añadir que el centro de acciones en un RNI es el núcleo, pues allí se superponen los elementos combustibles, las cajas de irradiación, los elementos de control, las posiciones de irradiación con neumáticos y los tubos o guías de neutrones.

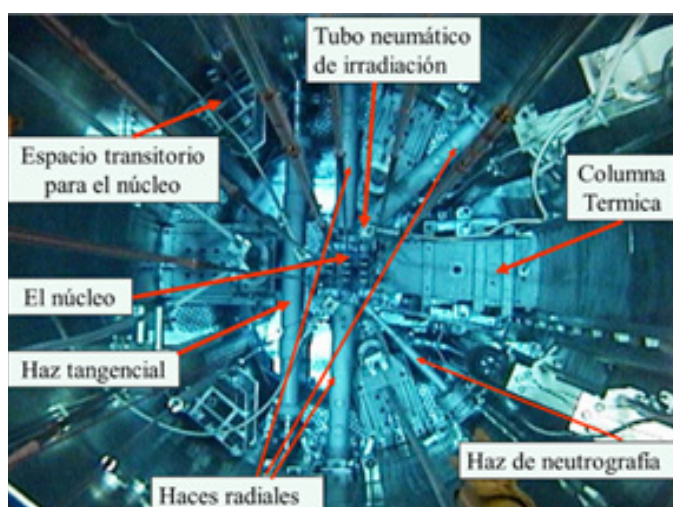
### **La seguridad de los reactores nucleares**

Los RNI tienen como columnas

de sobrevivencia a la seguridad y la utilización; sin lo primero, el reactor debe parar y, sin utilización, tampoco vale la pena operarlo. Entonces, ¿qué son seguridad y utilización de los RNI?

La seguridad tiene como objetivo central proteger a las personas y al medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes; esto se extiende a todas las fases del ciclo de vida de un reactor: planificación, selección de emplazamiento, diseño, fabricación, construcción, puesta en servicio, utilización, clausura y cierre (IAEA, 2017). La utilización se somete a uno de los principales principios de la seguridad que indica que las instalaciones y las actividades que generen riesgos radiológicos deben reportar un beneficio general.

La manera como se hace realidad la seguridad se resume en el concepto de defensa en profundidad, el cual se extiende desde el diseño hasta la operación rutinaria, y trata de proporcionar protección contra incidentes y accidentes operacionales previstos por fallos de equipos o por comportamientos humanos inapropiados dentro de la instalación, así como por sucesos que surjan debido a peligros externos. En la práctica, esto se expresa en niveles de defensa, constituidos por equipos y procedimientos adecuados con el fin de prevenir accidentes; incluso si eso ocurriera, no se afectaría ni a las personas ni al medio ambiente. Es exigencia que estos niveles de defensa sean independientes uno del otro. Como ejemplo práctico, en un RNI se observan los siguientes



**Figura 2.** Vista superior de la piscina de un reactor donde se muestran el núcleo, las posiciones de irradiación y los haces de neutrones. La imagen corresponde al reactor peruano RP-10.

niveles: (1) el óxido de uranio (el polvo), (2) la vaina del combustible (metal que envuelve al polvo de uranio), (3) la piscina de agua en la que está sumergido el combustible, (4) el edificio de contención del reactor, y (5) los planes de emergencia con equipos y emplazamientos necesarios.

### **Usos de los neutrones en los reactores nucleares de investigación**

El neutrón o elemento neutro, como lo llamó el sabio peruano Santiago Antúñez de Mayo en 1924, antes de que Chadwick lo descubriera en 1932, se convirtió en una partícula adecuada para perturbar el núcleo de los átomos. Tan es así que fue muy usado por Fermi en su laboratorio de Italia, donde construyó una fuente de neutrones y los hacía lentos al interponerles parafina y con ello bombardeaba a blancos, proceso a partir del cual se producían nuevos elementos; incluso usó uranio como blanco, pero no descubrió la fisión. Su esfuerzo de usar neutrones le valió el Premio Nobel de Física en 1938, «por sus demostraciones sobre la existencia de nuevos elementos radiactivos producidos por procesos de irradiación con neutrones y por sus descubrimientos sobre las reacciones nucleares debidas a los neutrones lentos».

En la actualidad, los usos de los RNI son los siguientes: educación y entrenamiento, análisis por activación neutrónica (AAN), producción de radioisótopos, geocronología, dopado de silicio, coloración de gemas, imágenes por neutrones (neutrografía), dispersión de neutrones, BNCT y ensayos

(IAEA, 2015). Cada uno de estos empleos requerirá equipamiento, personal calificado, financiamiento y tiempo para su construcción e implementación. Sin embargo, el parámetro de capacidad de uso es la potencia (W, vatios) porque está relacionada con la intensidad de neutrones (flujo neutrónico o el número de neutrones por unidad de área y unidad de tiempo), que incidirá en los diversos blancos, muestras o facilidades empleados. Mientras que potencias menores de mil vatios serán suficientes para la educación y demostraciones de AAN, con aquellas mayores

*«Los radioisótopos tienen diversas e importantes aplicaciones en el campo de la salud y son utilizados tanto en el diagnóstico como en las terapias».*

de diez millones de vatios se podrán realizar todas las aplicaciones mencionadas (IAEA, 2015 y 2017).

A continuación, expondremos sobre el uso de los neutrones de los RNI orientados a la salud, mediante dos aplicaciones: la producción de radioisótopos y el BNCT.

### **Producción de radioisótopos**

Se denomina radioisótopos (RI) a los isótopos inestables de un elemento químico que pueden sufrir descomposición radiactiva. Los RI pueden ser naturales o artificiales; los últimos se producen en los RNI o en aceleradores. Existen múltiples ejemplos de RI aplicados a la salud. Estos pueden ser sellados (es decir, que no entran en contacto con las células);

un ejemplo de ellos son las fuentes de cobalto que desde afuera bombardean al cuerpo indeseable. Otros pueden ser abiertos (es decir, que sí entran en contacto con las células), pues desde dentro del órgano irradian energía hacia afuera y son usados para el diagnóstico o para destruir el cuerpo malo durante una terapia. En el caso del diagnóstico, la radiación es recibida por instrumentos que muestran imágenes (estáticas o dinámicas) de las condiciones en las que se encuentra el órgano. En el caso de las terapias, la radiación deposita su energía y destruye el entorno (principalmente, las células malas). En ambos casos siempre existe un aspecto negativo: pueden lastimar células buenas. Esa capacidad de destrucción reside en la alta energía depositada en su recorrido. La unidad que mide esta actividad radiactiva es la dosis que se considera aceptable (energía depositada por unidad de masa); una mayor que ella se considera tóxica. Los RI que se incorporan al organismo se denominan radiofármacos (RF); estos, a diferencia de los fármacos usuales, tienen un radioisótopo incorporado. Para que se acople a un determinado órgano, se usan los ligantes adecuados: para el riñón, el pulmón, el corazón o el cerebro. Una vez posicionado en el órgano, irradia su energía; si es gama (radiación), es posible recibirlo en equipos externos al cuerpo —en la forma de imágenes— para diagnóstico. Pero si se requiere que la energía destruya el entorno donde está posicionado, se usan RI emisores de partículas (beta o alfa), que tienen un corto al-

cance y son muy destructivos debido a su alta LET (transferencia lineal de energía). Una condición muy importante es que los RI decaen en su capacidad de emitir las radiaciones (gamas o partículas) y la unidad de medida es el periodo de semidesintegración (tiempo transcurrido para que los RI bajen a la mitad su tasa de emisión). En la actualidad, el interés mundial se centra en mantener la producción del Tecnecio-99m para el diagnóstico, ya que alcanza el 80% de su uso en medicina nuclear, el 90% en SPECT (tomografía por fotones) y el 59% para detectar problemas cardíacos. Para ello se están construyendo reactores en el mundo. Por ejemplo, en Argentina se tiene el RA-10 de 30 MW, que entraría en operación en 2026; en Holanda, el Pallas de 45 MW, que empezaría a funcionar en 2025 (INVAP, 2021). También se busca producir RI emisores compartidos tanto para diagnóstico como para terapia, a los cuales se les conoce como teranósticos. Sin duda, el mercado global de RI, tanto para su uso en el diagnóstico como en las terapias, seguirá en aumento en los próximos años.

### **BNCT**

Si la radiación ingresa desde afuera del cuerpo del paciente para atacar a las células tumorales en un determinado órgano, en su camino también destruye a células sanas. Entonces se podría sugerir una nueva técnica, casi ideal, ¿qué tal si la radiación ataca solo al tumor? Puede parecer una utopía lejana, pero no lo es. Actualmente, se está desarrollando una alternativa que nos permitiría

lograrlo. Me refiero a la técnica BNCT «captura de neutrones con boro» (Boron Neutron Capture Therapy - BNCT, por sus siglas en inglés). Esta consiste en llevar una sustancia con boro ( $B^{10}$ ) hacia el tumor; se interactúa con el dádioso neutrón térmico que producirá una reacción nuclear en el núcleo compuesto ( $B^{11}$ ), a partir de lo cual emergen dos nuevos núcleos: el helio (o partícula alfa) y el litio, con una energía total de 2.4 millones de electrones voltio. Gran parte de esta energía la portan estos núcleos y los depositarán en unos pocos micrómetros antes

*«En la actualidad, el interés mundial se centra en mantener la producción del Tecnecio-99m para el diagnóstico. Para ello se están construyendo reactores en países como Argentina y Holanda».*

de pararse, lo que provocará la destrucción del tejido tumoral. Se ha probado que esta técnica es más selectiva y letal en las células tumorales, de acuerdo con la dosis adecuada. Este método está en crecimiento y, en consecuencia, también lo está la implementación de facilidades de BNCT en los diversos reactores del mundo. Un tópico actual es la optimización del haz de neutrones (Perona y Majdalani, 2020; Shaaban y Albarhoum, 2021). Otro es el de la búsqueda de mejores drogas que porten el boro hacia los tumores, de manera que este permita una alta captación tumoral y garantice una baja captación en el tejido normal, así como la rápida eliminación

del tejido después del tratamiento y una baja toxicidad (Yoneyama, 2021). Los tumores estudiados son glioblastoma multiforme, cáncer de cabeza, cáncer de cuello, cáncer de pulmón, cáncer de mamas, carcinoma hepatocelular, sarcomas, cánceres pediátricos y enfermedades metastásicas (Malouff y Seneviratne, 2021; IAEA, 2015).

### **Balance**

Aquel minúsculo componente elemental del átomo, el neutrón, es capaz de producir modificaciones en el núcleo de otros elementos y de provocarles reacciones cuyos resultados impactan en el mundo exterior. Gracias a los neutrones se puede disponer de energía eléctrica limpia (15% en el mundo). En el ámbito de la salud, los núcleos de diversos elementos son convertidos en radiactivos y usados en la forma de fuentes cerradas, como el Cobalto-60 o el Iridio-192 para los SPECT y braquiterapia. Pero su mayor impacto está en la producción de fuentes abiertas que se incorporan al cuerpo con fines de diagnóstico y terapia. Para diagnóstico destaca el Tecnecio-99m, pues hasta hoy no se ha encontrado su remplazo, por lo que la demanda creciente en el mundo obliga a construir nuevos RNI en América y en Europa para producir radiofármacos. En la literatura científica se observa una ascendente producción científica en radiofármacos para diagnóstico y terapia, compartidos con los producidos en aceleradores y RNI. Una demostración es la búsqueda de los pares teranósticos. Igualmente, los neutrones

son de especial interés cuando impactan en sustancias portadoras de boro; con ello se puede producir de manera más selectiva el impacto de la radiación en tejidos tumorales sin afectar demasiado a los normales. Por todo esto, cada vez hay más interés en la técnica BNCT, ya sea con los RNI o con los aceleradores; en ambos, el protagonista es el dádivo neutrón. El Perú dispone de un RNI capaz de producir

neutrones para realizar todos los estudios de la actualidad y también posee aceleradores; entonces, estamos frente a espacios idóneos para la simulación y la experimentación en el campo nuclear. Al respecto, Santiago Antúnez de Mayolo diría que es preciso incorporar el conocimiento para agregar valor a nuestros recursos. Son tiempos de aproximar las instalaciones a las universidades de todo el país. Adicionalmen-

te, está pendiente el potencial uso de la nucleoelectricidad en nuestro país, considerando el peligro ambiental del uso de combustibles fósiles. En consecuencia, se requiere mucha divulgación de estas instalaciones para aproximar el conocimiento nuclear a la población (Zúñiga, 2020); en ese sentido, destacamos los espacios de divulgación científica que se abren poco a poco en el país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

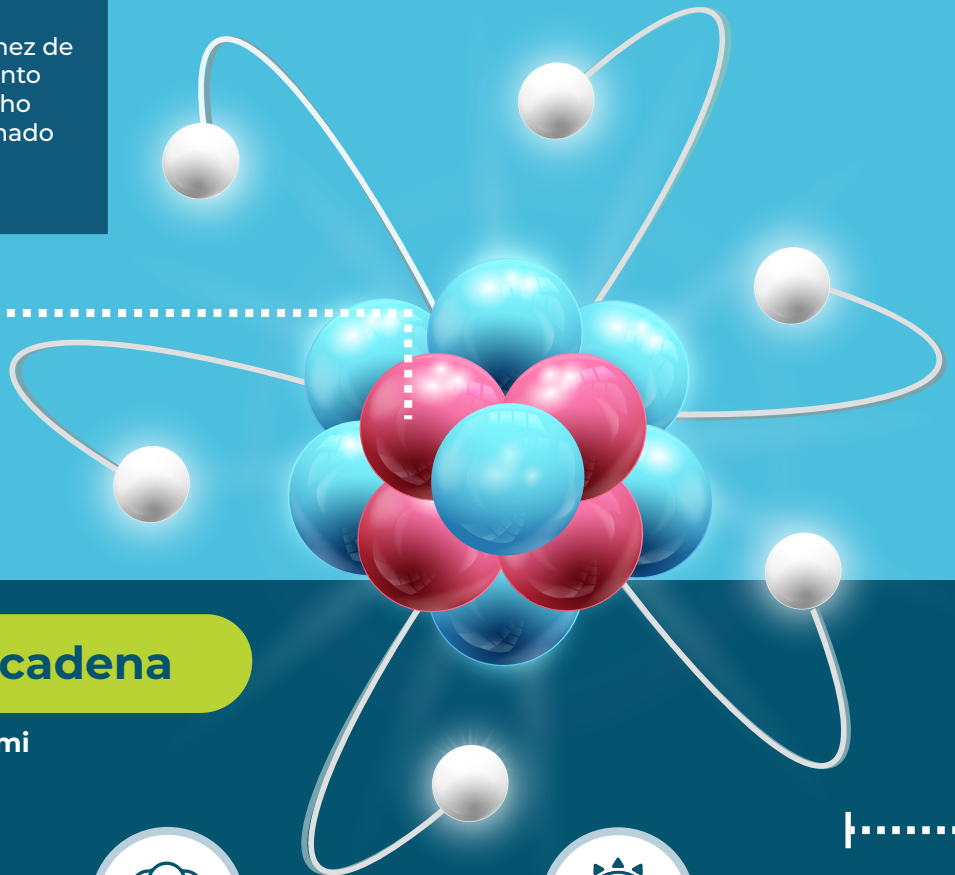
- CNEA. (2 de enero de 2018). *Reactores argentinos*. [Archivo de video]. YouTube <https://youtu.be/qz1DMzZ9jX4>
- Foro Nuclear. (27 de marzo de 2021). *Rincón educativo*. <https://rinconeducativo.org/es>
- IAEA. (2015). *Applications of Research Reactors*. NP-T-5.3. Autor.
- IAEA. (2017). *Seguridad de reactores de investigación. Requisitos de seguridad específicos*. N° SSR-3. Autor.
- INVAP. (4 de abril de 2021). *Reactor PALLAS*. <https://www.invap.com.ar/old/es/2014-01-24-20-02-19/reactor-pallas.html>
- Malouff, T., y Seneviratne, D. S. (2021). Boron Neutron Capture Therapy: A Review of Clinical Applications. *Frontiers in Oncology*, 11(26).
- Perona, M., y Majdalani, M. (2020). Experimental studies of boron neutron capture therapy (BNCT) using histone deacetylase inhibitor (HDACI) for the treatment of poorly differentiated thyroid cancer (PDT). *Applied Radiation and Isotopes*, 109297.
- Qaim, S. (2018). New developments in the production of theranostic pairs of radionuclides. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 318(3), 1493-1509.
- Shaaban, I., y Albarhoum, M. (2021). Optimization of the epithermal neutronic beam for BNCT at a 22 MW MTR reactor. *Applied Radiation and Isotopes*(109641).
- Tyminska, K., y Wojtania, G. (2020). BNCT research facility at MARIA reactor - Numerical models and preliminary measurements. *Applied Radiation and Isotopes*(109325).
- Yoneyama, T. (2021). Tumor vasculature targeted B10 delivery by an Annexin A1-binding peptide boosts effects of boron neutron capture therapy. *BMC Cancer*, 21(1).
- Zúñiga, A. (2020). *Plan de Divulgación Científica del RP-10*. IPEN, PROD-CASE.

# NEUTRONES SALUDABLES

**Átomo:** Unidad constituyente más pequeña de la materia que tiene las propiedades de un elemento químico.

En 1924, el físico peruano Santiago Antúnez de Mayolo intuyó la existencia de un "elemento neutro" en la composición del átomo. Ocho años más tarde este hallazgo fue confirmado en laboratorio, por James Chadwick, obteniendo el Premio Nobel.

**Neutrón:** Partícula elemental del núcleo del átomo que no tiene carga eléctrica. El neutrón tiene masa casi igual que la del protón y 2 000 veces mayor que la del electrón.



## Reacción nuclear en cadena

En 1942, el físico italiano Enrico Fermi creó la primera reacción en cadena.



### Liberación de energía

**Fisión nuclear:** los núcleos se separan para formar núcleos más pequeños, liberando energía.

**Fusión nuclear:** la energía se libera cuando los núcleos de los átomos se combinan o se fusionan entre sí para formar un núcleo más grande. Así es como el sol produce energía.

### Secciones transversales

Medida, en términos de cantidad, en que los neutrones interactúan con los núcleos.

Al acercarse un neutrón libre a un núcleo fisible se pueden dar tres procesos:

1. Fisión
2. Captura del neutrón por el núcleo
3. Dispersión.

### Evolución

1. Puede extinguirse
2. Puede mantenerse estable
3. Puede conducir a una reacción nuclear descontrolada, la cual prosigue hasta el agotamiento del material.



En el mundo hay unas **400** centrales nucleares que generan hasta un **15%** de la energía mundial.



### Radioisótopos

Son isótopos de un elemento químico que contienen un exceso de energía, que liberan en forma de radiación. Se utilizan en medicina nuclear, industria, agricultura e investigación.



### En la salud

El número de procedimientos médicos que emplean radioisótopos va en aumento, especialmente la terapia con radionucleidos que se basa en el uso de radiofármacos para el tratamiento del cáncer.

**En la actualidad el uso de esta tecnología es ampliamente eficaz.**



6

**CIENCIA SOBRE  
PAPEL**

# Apuntes sobre las epidemias en el Perú de José Toribio Polo

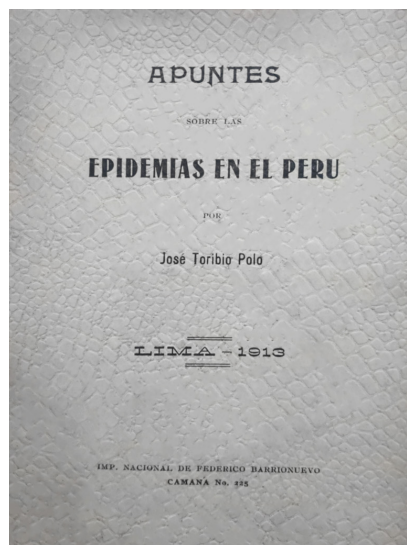
Carlos Rojas

José Toribio Polo fue historiador, bibliógrafo, periodista y profesor. El destacado investigador de la historia del Perú nació en Ica, el 4 de mayo de 1841, y murió en Lima, el 4 de setiembre de 1918. Sus padres fueron Juan José de Polo y María Lucila Valenzuela. Sus estudios básicos los realizó en las ciudades de Ica y Nazca. En 1859 se trasladó a Lima, estudió Derecho y ejerció la docencia en la Escuela Normal Central y en diversos colegios de las ciudades del Callao, Huánuco, Huaraz y Lima.

Entre 1877 y 1879 trabajó en la Biblioteca Nacional del Perú en la sección de Catalogación, cuando Manuel de Odriozola era director. En 1881 viajó a Panamá, donde colaboró en el diario *El Canal*, desde donde defendió los derechos del Perú en el exterior. En 1883 fue nombrado subdirector de la Biblioteca Nacional durante la gestión de Ricardo Palma. En 1891 trabajó en el archivo del Ministerio de Hacienda. Entre 1904 y 1912 se desempeñó como archivero del Tribunal Mayor de Cuentas; y en 1912 logró su jubilación.

Asimismo, fue miembro fundador de la Sociedad Geográfica de Lima en 1888 y del Instituto Histórico del Perú en 1905, en cuyas revistas, *Boletín* y la *Revista Histórica*, respectivamente, compartió sus trabajos de investigación.

En sus *Apuntes sobre las epidemias en el Perú*, libro publicado en 1913 y basado en documentos de Cieza, Cobo, Garcilaso, De la Calancha, Mendiburu, entre otros autores; y las revistas *Anales del Perú*, *Gaceta Médica* y *Guía de Forasteros*, entre otras fuentes periódicas, José Toribio Polo describió las epidemias que tuvo que afrontar nuestro país desde 1525 hasta mediados de 1913.



En el siglo XVI, las epidemias principales fueron la viruela, el sarampión (alfombrilla), la verruga, la sarna y el dolor de costado, que afectaron principalmente a los pobladores de las ciudades de Lima, Cusco y Arequipa.

En el siglo XVII (entre 1606 y 1694), las epidemias principales fueron las mismas que en el siglo anterior, a las cuales se sumó la erisipela. En este perio-

do, el sarampión afectó, principalmente, a los habitantes de la ciudad de Trujillo y otras urbes del Perú; mientras que la viruela impactó en Áncash, Huánuco y San Martín; y la erisipela, en Cusco. Las demás enfermedades afectaron a los habitantes de Lima.

Ya en el siglo XVIII (entre 1719 y 1795), las epidemias principales fueron el sarampión (alfombrilla), la viruela, el tabardillo, la difteria (garrotillo), la influenza y la fiebre amarilla. La viruela afectó, principalmente, a los habitantes de la ciudad de Maynas, en Loreto; mientras que las otras enfermedades se concentraron en las ciudades de Lima, Cusco y Arequipa.

En el siglo XIX (entre 1802 y 1900,) las epidemias principales fueron la viruela, la fiebre amarilla, el sarampión (alfombrilla), la difteria (garrotillo), la sarna y la influenza, que afectaron, principalmente, a los habitantes de Lima y, en menor grado, a otras ciudades del Perú. La viruela y la fiebre amarilla perduraron durante varias décadas.

En parte del siglo XIX (entre 1903 y 1913), las principales epidemias fueron la viruela, que impactó sobre todo a los habitantes de Lima; la fiebre amarilla, que afectó a los habitantes de las ciudades de Huánuco e Iquitos; y la peste bubónica, con más concentración en las ciudades de Lima, Trujillo y Callao.

**Epidemias en el Perú: siglos XVI - XX**

Epidemias	Siglo XVI (1525-1590)	Siglo XVI (1606-1694)	Siglo XVI (1719-1795)	Siglo XVI (1802-1900)	Siglo XVI (1903-1913)
Colerina				X	
Dengue				X	
Difteria (Garrotillo)		X	X	X	
Disentería				X	
Dolor de costado	X	X			
Erisipela		X			
Escarlatina				X	
Fiebre amarilla			X	X	X
Influenza			X	X	
Peste bubónica		X	X	X	X
Rabia (hidrofobia)				X	
Sarampión (alfombrilla)	X	X	X	X	
Sarna	X			X	
Tabandillo		X	X		
Tifoidea				X	
Tifus				X	
Tos convulsiva					
Verruga	X				
Viruela	X	X	X	X	X

La tabla muestra las diferentes epidemias que han azotado al Perú a lo largo de su historia.

Como podemos observar en la tabla, la enfermedad que ha impactado al país en todos estos tiempos es la viruela, seguida de la peste bubónica y el sarampión.

Hasta la fecha, muchas de estas enfermedades ya se han controlado, debido a las vacunaciones identificadas. La vacunación en el Perú se introdujo en octubre de 1805, y en 1826, se hizo obligatoria la vacunación para contrarrestar la viruela.

Dager Alva (1999) considera a los *Apuntes...* de José Toribio Polo una recopilación con suma erudición histórica que relaciona estas epidemias con el desarrollo de la historia peruana.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Dager, J. (1999). La producción histórica de José Toribio Polo. *Histórica*, 23(1), 1-45. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/historica/article/view/8698>

Milla, C. (Dir.). (2004). Polo, José Toribio. *Diccionario biográfico del Perú contemporáneo, siglos XV-XX*, pp. 245-246. Editorial Milla Batres.

Polo, J.T. (1913). *Apuntes sobre las epidemias en el Perú*. Imp. Nacional de Federico Barrionuevo.

Tauro, A. (2001). Polo, José Toribio. *Enciclopedia ilustrada del Perú*, Tomo XIII, p. 1660. PEISA, Empresa Editora El Comercio.

## Colaboraron en este número



### Walter Curioso

Es médico cirujano, doctor en Informática Biomédica por la Universidad de Washington (E.E.U.U) y máster en Salud Pública por la misma universidad. Actualmente es miembro del Comité de Expertos en Salud Digital de la OMS y presidente del Comité de Tecnología de la Información y Comunicación en Salud del Colegio Médico del Perú. Es vicerrector de Investigación de la Universidad Continental. Asimismo, se desempeña como consultor internacional en salud digital para instituciones como la OPS, la Comisión Económica para América Latina-Naciones Unidas, la Asociación de Informática Médica de los EE. UU., los Institutos Nacionales de la Salud de los EE. UU. y el BID.



### Elizabeth Espinoza

Es médica cirujana, doctora en Gobierno y Política Pública por el Instituto de Gobierno de Gestión Pública de la Universidad de San Martín de Porres, máster en Estudios de Políticas Aplicadas por el Instituto Universitario de Investigación Ortega y Gasset-Universidad Complutense de Madrid (España) y magíster en Demografía y Población por la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Asimismo, es investigadora RENACYT calificada por el CONCYTEC. Ha sido consultora para el Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA) y la OPS. Actualmente es docente de la Escuela de Posgrado de la Universidad ESAN, miembro del Comité de Tecnología de la Información y Comunicación en Salud del Colegio Médico del Perú y gerente general de Conecta Salud.



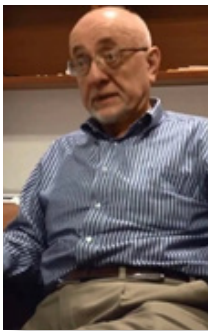
### Myra E. Flores

Es bachiller en Química por la Universidad Nacional de Ingeniería, máster y doctora en Ciencias por la Universidad de Navarra (España) y próximamente obtendrá el título de máster en comunicación social de la investigación científica por la Universidad Internacional de Valencia. Cuenta con diez años de experiencia en investigación en química analítica y bioquímica, y tiene dieciocho años liderando y colaborando en distintos proyectos de divulgación y promoción de la ciencia.



### Jorge Lossio

Es profesor principal de la Pontificia Universidad Católica del Perú y director del Instituto Riva-Agüero. Es doctor por la Universidad de Mánchester y se ha especializado en la historia de la salud en el Perú republicano, tema sobre el cual tiene diversos artículos y libros. Es autor de *Pandemias y salud pública: historias de cuarentenas y vacunaciones* (2021), libro publicado por el Proyecto Especial Bicentenario que analiza las pandemias que el país ha enfrentado en los 200 años de historia republicana.



### Héctor Maletta

Se graduó en la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Pontificia Universidad Católica Argentina, y es Doctor en Ciencias Sociales por la Universidad de Buenos Aires. Realizó estudios de posgrado en Economía en la Universidad de Bologna (Italia), y cuenta con un diploma de posgrado en Sistemas de Información en el Instituto Internacional de Informática (IBI/ICC). Es profesor e investigador en varias universidades, y funcionario o consultor de la FAO y la OIT en el Perú y otros países. Entre sus campos de especialización destacan la metodología de la investigación científica, y la organización de la investigación y su integración con la enseñanza universitaria.



### Carlos Rojas

Bibliotecólogo, licenciado por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Magíster en Gestión Pública por la Universidad César Vallejo. Labora como profesional en la Biblioteca Nacional del Perú desde noviembre de 1993; donde se ha desempeñado como funcionario en los cargos de director ejecutivo (1998-2000, 2005-2013), director general (2003-2004, 2013-2014) y director técnico del Sistema Nacional de Bibliotecas (2014). Desde 1998 ejerce la docencia en la UNMSM, como especialista en el Área Organización de la Información.



### Agustín Zúñiga

Es doctor en Física por la Universidad Estatal de Campinas (Brasil), especialista en gestión de innovación tecnológica y egresado del primer diplomado de Divulgación Científica de la UPCH. Trabaja en el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), en el área de física de reactores nucleares. Se ha desempeñado como director de Producción del IPEN, director de Cooperación Técnica de la misma institución y como profesor principal de la Universidad Nacional de Ingeniería, la Universidad Nacional Federico Villareal y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Actualmente es docente de doctorado en el Centro de Altos Estudios Nacionales (CAEN), consultor en aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y gestión de la innovación tecnológica, y divulgador científico.

