CIENCIA HOY

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy

Ejemplar en la Argentina $290

Volumen 29, número 170 junio - julio 2020

Ciencia y pandemia

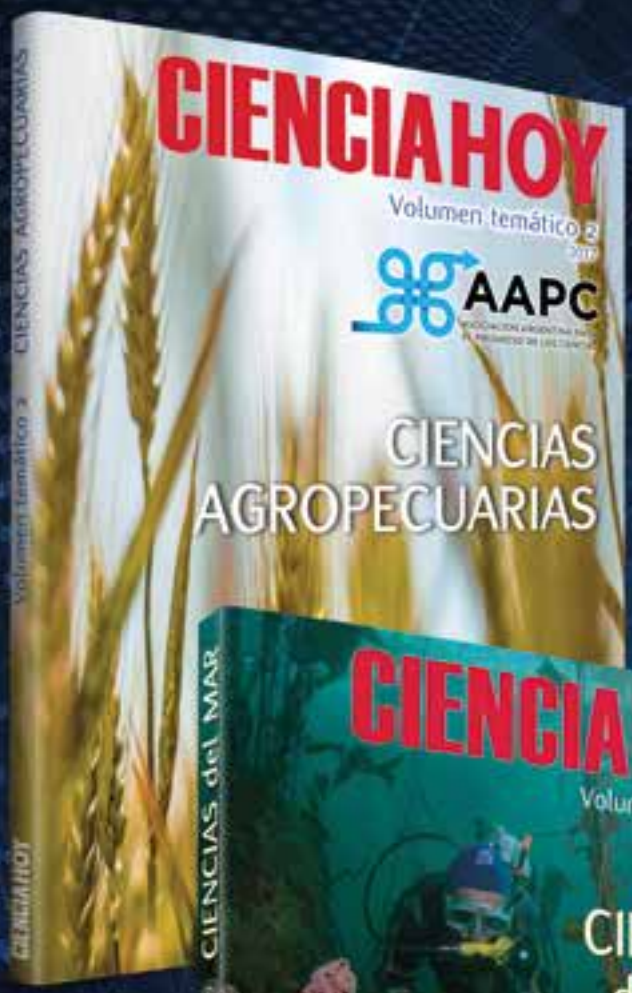
Investigación, ética y evolución

Dietas transatlánticas

Caracoles y esponjas

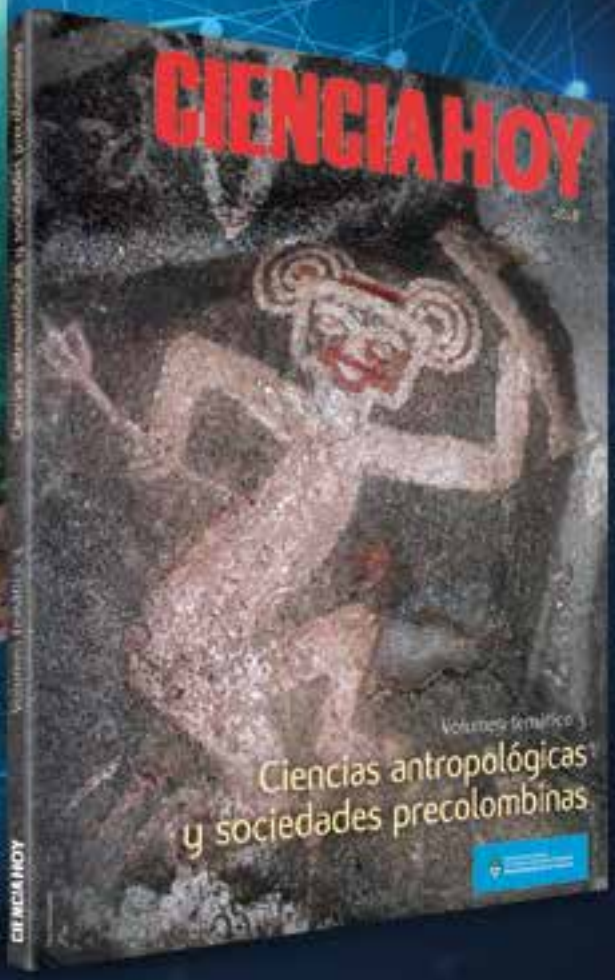
Un gusano Nobel

ISSN 0327 - 1258



CIENCIA HOY

CONTINÚA CON SUS VOLÚMENES TEMÁTICOS



www.cienciahoy.org.ar contacto@cienciahoy.org.ar

@CienciaHoyOK RevistaCienciaHoy Tel (011) 4961 1824 /4962 1330

CIENCIA HOY

Fundada en 1988

Propietario: ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

Director: Aníbal Gattone

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de la revista puede reproducirse, por ningún método, sin autorización escrita de los editores, los que normalmente la concederán con liberalidad, en particular para propósitos sin fines de lucro, con la condición de citar la fuente.

Sede: Av. Corrientes 2835, cuerpo A, 5° A (C1193AAA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel.: (011) 4961-1824 y 4962-1330
Correo electrónico: *contacto@cienciahoy.org.ar*

cienciahoy.org.ar

Lo expresado por autores, corresponsales, avisadores y en páginas institucionales no necesariamente refleja el pensamiento del comité editorial, ni significa el respaldo de CIENCIA HOY a opiniones o productos.

Editores responsables

Sebastián Barbosa
TECtv. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación

Patricia Ciccioli
Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires, UBA-Conicet

Federico Coluccio Leskow
Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján. Conicet

Cristina Damborenea
División Zoología Invertebrados, Museo de La Plata, FCNYM-UNLP. Conicet

Alejandro Gangui
Instituto de Astronomía y Física del Espacio, UBA-Conicet

Aníbal Gattone
Universidad Nacional de San Martín

Karina V Mariño
Instituto de Biología y Medicina Experimental, Conicet

Mariano I Martinez
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Conicet

José X Martini
–en uso de licencia–
Asociación Ciencia Hoy

Pablo E Penchaszadeh
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Conicet

Santiago Francisco Peña
Instituto de Historia Antigua y Medieval. UBA-Conicet

Nicolás Pírez
Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias, UBA-Conicet

Roberto R Pujana
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Conicet

Jorge L Roggero
Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires. Conicet

Julia Rubione
Instituto de Investigaciones en Medicina Traslacional. Universidad Austral-Conicet

Consejo científico

José Emilio Burucúa (UNSAM), Ennio Candotti (Museo de Amazonia, Brasil), José Carlos Chiaramonte (Instituto Ravignani, FFyL, UBA), Jorge Crisci (FCNYM, UNLP), Roberto Fernández Prini (FCEN, UBA), Stella Maris González Cappa (FMED, UBA), Francis Korn (Instituto y Universidad Di Tella), Juan A Legisa (Centro de Estudios de la Actividad Regulatoria Energética, UBA), Eduardo Míguez (IEHS, Unicen), Felisa Molinas (Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, UBA), José Luis Moreno (Universidad Nacional de Luján), Alberto Pignotti (FUDETEC), Gustavo Politis (Departamento Científico de Arqueología, FCNYM, UNLP) y Fidel Schaposnik (Departamento de Física, FCE, UNLP)

Secretaría del comité editorial
Paula Blanco

Representante en Bariloche
Andrea Bellver (Instituto Balseiro, Centro Atómico Bariloche);
Av. Ezequiel Bustillo, km 9,5 (8400)
San Carlos de Bariloche, Prov. de Río Negro

Representante en Córdoba
Nancy López
La Falda, Valle de Punilla, Córdoba
Teléfono: (03548)15 571-025
Correo electrónico: *nancylopez2635@gmail.com*

Representante en Mar del Plata
Raúl Fernández (Facultad de Ciencias de la Salud y Servicio Social, UNMdP)
Saavedra 3969 (7600) Mar del Plata.
Tel: (0223)474-7332
Correo electrónico: *raferna@mdp.edu.ar*

Suscripciones
ARGENTINA: 6 números, $1800 (incluye envío)
EXTRANJERO: 6 números, US$ 27 + envío

Costo de envío
PAÍSES LIMÍTROFES DE LA ARGENTINA: US$ 60
SUDAMÉRICA: US$ 72
RESTO DE AMÉRICA: US$ 84
EUROPA: US$ 90
RESTO DEL MUNDO: US$ 96

Distribución
En ciudad de Buenos Aires y Gran Buenos Aires
Rubbo SA
Río Limay 1600 (C1278ABH)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Teléfono: (011) 4303-6283/85

En el resto de la Argentina
Distribuidora Interplazas SA
Pte. Luis Sáenz Peña 1836 (C1135ABN)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires

ISSN 0327-1218
N° de registro DNDA 75312285

Diseño y realización editorial
Estudio Massolo
Callao 132, EP (C1022AAO)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Teléfono: (011) 4372-0117
Correo electrónico: *estudiomassolo@gmail.com*

Corrección
Mónica Urrestarazu

Impresión
4 Colores SA
Santa Elena 948 (C1278ACN)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires

ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

Es una asociación civil sin fines de lucro que tiene por objetivos: **(a)** divulgar el estado actual y los avances logrados en la producción científica y tecnológica de la Argentina; **(b)** promover el intercambio científico con el resto de Latinoamérica a través de la divulgación del quehacer científico y tecnológico de la región; **(c)** estimular el interés del público en relación con la ciencia y la cultura; **(d)** editar una revista periódica que difunda el trabajo de científicos y tecnólogos argentinos, y de toda Latinoamérica, en el campo de las ciencias formales, naturales, sociales, y de sus aplicaciones tecnológicas; **(e)** promover, participar y realizar conferencias, encuentros y reuniones de divulgación del trabajo científico y tecnológico rioplatense; **(f)** colaborar y realizar intercambios de información con asociaciones similares de otros países.

COMISIÓN DIRECTIVA

Omar Coso (presidente), Aníbal Gattone (vicepresidente), Federico Coluccio Leskow (tesorero), Alejandro Gangui (protesorero), Paulina Nabel (secretaria), María Semmartin (prosecretaria), Hilda Sábato, Diego Golombek, Galo Soler Illia, Roberto R Pujana (vocales).

MECENAZGO

www.facebook.com/RevistaCienciaHoy

@CienciaHoyOK

Ciencia Hoy agradece el apoyo del Conicet y del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Esta revista aparece merced al esfuerzo desinteresado de autores y editores, ninguno de los cuales recibe –ni ha recibido en toda su historia– remuneración económica.

Sumario

Junio – julio 2020
Volumen 29 - número 170

EDITORIAL
4 Ciencia y pandemia

HACE 25 AÑOS EN CIENCIA HOY
8 Volumen 5, número 29 - 1995

COLUMNA LINGÜÍSTICA
10 Algunas *covetimologías*

12 GRAGEAS

SECCIÓN TEMÁTICA
15 Algunas cuestiones éticas a propósito de la pandemia de Covid-19

Grupo Interinstitucional de Investigación sobre Ética y Pandemia

El advenimiento de la pandemia causada por el coronavirus SARS-CoV-2 planteó a médicos, sanitaristas, políticos e incluso al público de todo el mundo la necesidad de interrogarse sobre la cualidad ética de las medidas tomadas o a tomar para enfrentarla. En la Argentina, la situación amplificó algunos problemas éticos que existían antes de la actual emergencia sanitaria, a la vez que creó otros, producto de las circunstancias del país en ese momento.

SECCIÓN TEMÁTICA
21 Los tests serológicos: hoja de ruta de la Covid-19

Nicolás I Torres y Karina V Mariño

Existen dos clases de análisis complementarios de laboratorio que se prescriben a pacientes de la Covid-19: los de diagnóstico molecular, que detectan el genoma del virus por una técnica llamada RT-PCR y se hacen con muestras obtenidas por hisopados nasofaríngeos, y los análisis serológicos, que determinan si hay anticuerpos en la sangre del enfermo.

SECCIÓN TEMÁTICA
25 El habla de la pandemia

Guiomar E Ciapuscio

Difícilmente los académicos puedan prescindir de la metáfora como instrumento de comprensión de los objetos estudiados por sus disciplinas. Tampoco los legos, a quienes ella proporciona la vía mayoritaria de acceso al conocimiento científico. La salud humana no es una excepción, con la metáfora de la medicina como guerra y el cuerpo como una máquina. La actual pandemia de la Covid-19 proporciona un ejemplo de lo anterior, así como de la creación de nuevos términos o la resignificación de antiguos.

SECCIÓN TEMÁTICA
29 Una mirada evolutiva al nuevo coronavirus

Jorge V Crisci y Liliana Katinas

La evolución biológica —el cambio de las características hereditarias de grupos de organismos en el curso de varias generaciones o, en otras palabras, descendencia con modificación a partir de un ancestro común— proporciona un marco explicativo adecuado para comprender los mecanismos por los cuales unos virus hospedados en animales silvestres en el Extremo Oriente infectaron a multitudes en todos los países y ocasionaron la muerte de centenares de miles de personas.

SECCIÓN TEMÁTICA

34 Luz ultravioleta y coronavirus

Daniel González Maglio

La luz ultravioleta puede causar daños en los seres vivos que van desde lesiones en la piel o los ojos de las personas –porque no tiene la capacidad de ir más allá de la superficie y alcanzar órganos internos– hasta la muerte de bacterias o la inactivación de virus –porque deteriora severamente su material genético (ADN o ARN)–. ¿Es entonces apropiada para eliminar al coronavirus SARS-CoV-2? ¿Tiene riesgos usar con ese propósito lámparas de luz ultravioleta en hospitales, viviendas, talleres u oficinas? ¿Es ventajosa la exposición al sol, que emite rayos ultravioletas?

AQUÍ CIENCIA

37 Caracoles, esponjas y... ¿coronavirus?

Pablo E Penchaszadeh, Guido Pastorino, Mariano Martínez y Patricia Miloslavich

En aguas profundas del Atlántico suroccidental habita un caracol del que se desconocía que pone sus huevos dentro de una esponja. Esta, además de guarecerlos de predadores, les brinda protección química debido a que pertenece a un grupo de esponjas que producen sustancias con propiedades terapéuticas para enfermedades virósicas humanas como el herpes, el sida y quizá algunas causadas por... coronavirus.

ESPACIO INSTITUCIONAL DEL CONICET

40 Ciencia en tu vida

ARTÍCULO

44 Dietas transatlánticas: el descubrimiento europeo de los alimentos americanos

Daniela Gutiérrez Flores

El encuentro de culturas suscitado por la incorporación de América al circuito de intercambios globales del siglo XVI dio lugar a reflexiones europeas sobre nuevas formas de alimentación. Una rica fuente de información sobre la dieta americana y las tempranas opiniones que los españoles se formaron de ella es la *Historia general y natural de las Indias*, del cronista real Gonzalo Fernández de Oviedo, cuyas concepciones acerca del maíz americano tuvieron marcada influencia en la cocina europea.

ENTREVISTA

50 Kevin Esvelt entrevistado por Omar Coso

ARTÍCULO

54 Un gusano Nobel

Caenorhabditis elegans, de la naturaleza al laboratorio y del laboratorio a la naturaleza

Eduardo Spivak

Un nematodo del suelo con un singular modo de reproducción y con recursos no menos singulares para sobrevivir en el medio natural, que fue protagonista del premio Nobel de medicina de 2002 y estuvo presente en primera fila en los laboratorios en que se hicieron muchos descubrimientos biológicos de las últimas décadas,

MATEMÁTICA, ILUSIONES Y HUMOR

61 *Crossfit* cerebral #4

Ciencia y pandemia

El 5 de junio pasado, la bioquímica estadounidense Jennifer Doudna, profesora de la Universidad de California en Berkeley –sobre la cual se da más información en la entrevista comentada en la página 50 de este número–, publicó por invitación en la web del semanario británico *The Economist* unas reflexiones tituladas 'El mundo después de Covid-19. Sobre cómo Covid-19 acicatea la aceleración de la ciencia'. Sostuvo la nombrada que la pandemia está sacudiendo el *statu quo* científico de tres maneras: un mayor respeto del público por la ciencia, la forma de comunicar los descubrimientos y las prácticas de colaboración entre investigadores. Y concluyó: 'Después de Covid-19, la ciencia ya no volverá a ser la misma, y eso será para mejor'.

Si bien las observaciones de Doudna se refieren al medio científico en el que se desempeña –del que forman parte, principalmente, Europa Occidental, los Estados Unidos, Canadá, Japón y China–, también se aplican, en variable medida, a muchos otros países que se han incorporado en distintos momentos al proceso internacional de creación de conocimiento. La ciencia moderna, en realidad, desde que fue tomando vuelo en el siglo XVII, siempre fue un esfuerzo internacional y hoy es una actividad global por antonomasia, para la cual las fronteras entre países significan poco. Bernardo Houssay (1887-1971) solía decir que 'la ciencia no tiene patria, pero el científico la tiene', frase susceptible de muchos matices de interpretación, tantos como diferentes conceptos de patria tenemos las personas.

Si pasamos del hemisferio norte a la Argentina, es posible en algunos casos constatar y en otros razonablemente suponer que sucede algo semejante a lo que Doudna sostiene acerca del respeto por la ciencia. Por encuestas realizadas en el país antes de la pandemia, se conocía que el público confiaba en la capacidad del sector científico para crear conocimiento, pero su confianza estaba matizada con dudas sobre la utilidad de ese conocimiento, expresadas en la consuetudinaria y enervante pregunta de '¿para qué sirve el conocimiento que usted produce?'. No sería raro que ahora, en plena pandemia, esas dudas hayan pasado a un segundo plano, y que exista entre más personas la convicción de que el conocimiento proporcionado por la ciencia para manejar muchas situaciones en que se ve envuelta la sociedad es necesario. Parafraseando a Marcelino Cereijido, médico argentino establecido en México, estaría ahora más cercana la posibilidad de que esta no solo *apoye a la ciencia*, sino que *se apoye en ella*. Al final de este texto se detallan algunos hechos que fundamentan nuestra suposición.

La forma tradicionalmente aceptada por los científicos de comunicar los resultados de sus investigaciones y descubrimientos consiste en publicarlos en revistas especializadas, en lenguaje altamente técnico y luego de que los manuscritos hubiesen sido evaluados y considerados publicables por otros expertos independientes (en la jerga, *arbitrados por pares*). Esta forma está cambiando por la presión de las circunstancias: SARS-CoV-2 es un virus desconocido, cuyo comportamiento se ignora y para el cual, por ende, no existen drogas ni vacunas. Por ello, hay que forzar la marcha en los laboratorios de investigación y reducir las demoras de publicación, para abrir de manera veloz la posibilidad de que se disponga de medicamentos antivirales y de vacunas. A decir verdad, se venía hablando desde hace tiempo de la necesidad del cambio, dadas diversas facetas no satisfactorias de los procedimientos habituales. Los primeros ensayos en esa dirección, exitosos en algunas disciplinas como la física, datan de hace tres décadas. Ahora se han extendido a las ciencias biomédicas, que por buenas razones los resistían. El camino que tomaron en todo el mundo es hacer publicaciones provisorias en medios electrónicos (llamadas *pre-prints*) con la advertencia de no tener aún evaluación. Las ventajas del nuevo procedimiento son los obvios ahorros de tiempo y costo; sus desventajas yacen en la menor confiabilidad, los riesgos de fraude y la posible difusión de conocimiento espurio.

Estas mismas urgencias, por un lado, y por otro, la natural afinidad de los medios académicos con las comunicaciones electrónicas, en especial en las ciencias exactas y naturales, dieron un fuerte impulso a los intercambios y la colaboración entre investigadores, lo mismo que entre grupos de investigación complementarios (y hasta competidores) para llevar a cabo experimentos complejos, plantearse cómo intentar responder preguntas difíciles o compartir el uso de equipos e instrumental escasos por lo costosos. Paradójicamente, debido a la restricción de los desplazamientos de las personas y la veda de los viajes internacionales –e incluso internos en algunos países–, la celebración de congresos, simposios, seminarios, talleres, etcétera, en forma presencial se sustituyó por la manera virtual, e incorporó como participantes activos a un nú-

mero importante de investigadores que por múltiples motivos no podían viajar y quedaban así marginados.

Más allá del optimista análisis de Doudna y de su aplicación al medio local, la pandemia ha puesto de manifiesto algunas características de la actividad científica que a veces quedaban eclipsadas, aun en círculos académicos, y de las que poca conciencia suele haber entre el público, los medios y los políticos. También resaltó con especial dramatismo ciertos interrogantes que antes había menos urgencia por contestar.

Entre las primeras está el hecho de que la ciencia –y usamos el término en el sentido amplio de todo conocimiento racional riguroso– es una dimensión importante del nivel educativo de una sociedad. No es la única, porque algo semejante se puede decir de las artes, las letras, la capacidad de convivencia, el civismo, etcétera. Pero entre ellas la ciencia es la que mejor proporciona a los ciudadanos capacidad analítica y sentido crítico independiente, que son requisitos centrales para un buen funcionamiento de un sistema democrático avanzado de gobierno.

La pandemia subrayó en forma dramática que la ciencia es una moneda de dos caras: una intelectual y otra utilitaria o práctica. En la primera, la educación superior y la formación de investigadores son también productos de la tarea de investigar o hacer ciencia, complementarios e inseparables del central que es crear conocimiento. Es posible, sin embargo, preguntarse si los beneficios utilitarios o prácticos de la ciencia se pueden lograr sin el esfuerzo económico de investigar, sino con el mucho menor de estudiar la investigación que hacen otros en el extranjero. La respuesta es que, de procederse así, en corto tiempo no habrá quien pueda entender en forma inmediata las teorías y los experimentos de quienes están en la vanguardia del conocimiento, y que la sociedad terminaría ocupando alguno de los últimos vagones del tren del progreso económico. Tener científicos formados e investigando permitió dar pronta respuesta a la pandemia: no basta con invertir en ciencia cuando aparecen las dificultades.

Entre los interrogantes cuyas respuestas adquirieron una urgencia especial con el desenvolvimiento de la pandemia están muchos que tienen facetas políticas, económicas y éticas, además de las médicas y sanitarias. Así, en situaciones en que los recursos no alcanzan para todos y es ineludible asignar prioridades, ¿cómo elegir a quiénes atender primero y a quiénes postergar o, en ciertos casos, dejar sin atención? Esto ya se produjo en la Argentina para los tests de diagnóstico, y podría producirse de modo más dramático, por ejemplo, para las camas en unidades de terapia intensiva o para las drogas antivirales y las vacunas. Tal clase de decisiones, que hasta pueden transformarse en dilemas éticos, se plantean tanto entre personas y grupos de ellas como entre países. ¿Es válido entre naciones el aforismo de que la caridad empieza por casa para justificar que un país en el que se produjo un medicamento o una vacuna los ponga a disposición de otras naciones solo luego de atender a su propia población? ¿En qué medida es aceptable acelerar o simplificar los ensayos en seres humanos de nuevos medicamentos o vacunas sabiendo que con ello se incrementa el riesgo de causar serios daños si finalmente aparecieran efectos secundarios perjudiciales, pero sabiendo también que, si esos efectos no existieran, la demora privaría al público de un recurso terapéutico o de prevención, incluso a veces el único?

Estas no son decisiones que corresponde tomar a los científicos actuando como tales. Es más, ponerlas en sus manos no sería democrático, de la misma manera que no les corresponde a los médicos tomar ciertas decisiones vinculadas con la salud de sus pacientes, sino a estos mismos con el asesoramiento desinteresado de aquellos. Pero sí corresponde a los científicos ilustrar a la ciudadanía y a los políticos, que tomarán en su nombre las decisiones comentadas, sobre las alternativas y las implicancias de cada una. Y, por supuesto, les corresponde participar como ciudadanos en el proceso decisorio colectivo.

Tenga en cuenta el lector que las consideraciones anteriores, escritas a principios de julio de 2020, corresponden a la evolución de la pandemia en ese momento y que, dado el dinamismo de la situación, posiblemente les hubiésemos dado diferentes matices de haberlo hecho antes, y también otro carácter después. CH

PRINCIPALES CONTRIBUCIONES DEL SECTOR CIENTÍFICO LOCAL A COMBATIR LA PANDEMIA

INSTRUMENTOS DE DIAGNÓSTICO

Identificación de las cepas del virus SARS-Cov-2 presentes en la Argentina. La secuenciación inicial del virus fue realizada en la Administración Nacional de Laboratorios e Institutos de Salud Dr Carlos G Malbrán (ANLIS). El laboratorio de virología del hospital de niños Dr Ricardo Gutiérrez extendió el estudio a veintiséis pacientes entre los que había quienes se infectaron en el extranjero, quienes estuvieron en contacto con estos y quienes se infectaron por circulación local. Este trabajo se fue incorporando al caudal de información internacional que permite conocer las mutaciones mundiales del virus.

NEOKIT-Covid-19. Test de diagnóstico molecular desarrollado por el Instituto de Ciencia y Tecnología César Milstein (Conicet) y la Fundación Pablo Cassará, y producido por la empresa NEOKIT SAS, un consorcio público-privado del Conicet con la firma Pablo Cassará SRL.

ELA-CHEMSTRIP-Covid-19. Kit de diagnóstico molecular desarrollado a partir de una alianza entre las universidades nacionales de San Martín (UNSAM) y de Quilmes con dos pymes tecnológicas: Chemtest Argentina SA y Productos Biológicos SA.

Kit portátil de diagnóstico molecular. Desarrollado por la empresa biotecnológica emergente (*startup*) CASPR Biotech, creada en el marco normativo del Conicet.

COVIDAR IgG. Desarrollado por científicos de la Fundación Instituto Leloir, es un test serológico para detectar la presencia en la sangre de inmunoglobulinas G (IgG).

TERAPIAS

Uso terapéutico de plasma de convalecientes de Covid-19. Un grupo interdisciplinario conocido por CPC-19, formado por investigadores del Conicet y argentinos radicados en el extranjero, elaboró protocolos de emergencia para utilizar plasma de convalecientes de la infección con SARS-CoV-2, un tratamiento utilizado para otras patologías que refuerza la acción de sistema inmune del paciente. Se lo considera un tratamiento experimental para casos severos de Covid-19 que no respondan a las terapias aprobadas y se ha puesto en marcha su ensayo con intervención del hospital Garrahan, el Instituto Maiztegui, el Instituto Malbrán, el Instituto de Microbiología y Parasitología de la Facultad de Medicina (UBA), la Asociación Argentina de Hemoterapia, Inmunohematología y Terapia Celular, la Sociedad Argentina de Infectología y la Sociedad Argentina de Terapia Intensiva. El ensayo empezó a mediados de mayo pasado con seis centros destinados a captar donaciones de plasma de pacientes recuperados para inyectarlo en enfermos graves aún fuera de las unidades de terapia intensiva.

Suero inmune equino. Inmunoglobulinas de origen equino que, administradas a personas infectadas, les conferirían inmunidad pasiva (así llamada en oposición a la activa, basada en inmunoglobulinas generadas por el propio paciente). Resultó de un trabajo colaborativo de instituciones públicas y privadas, encabezado por la firma emergente Inmunova, el Instituto Biológico Argentino y la ANLIS, con la colaboración del Conicet, la Fundación Instituto Leloir (que dio origen a Inmunova), la compañía biofarmacéutica Mabxience y la UNSAM. Se anunció el pronto comienzo por Inmunova de ensayos en pacientes o ensayos clínicos.

Respiradores no invasivos. Un ventilador mecánico de bajo costo fue desarrollado por el Instituto Argentino de Radioastronomía, dependiente del Conicet y de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), con la participación de especialistas de la Universidad Nacional de La Plata, destinado a pacientes de baja y mediana gravedad; su empleo permitiría dejar respiradores más complejos disponibles para pacientes más graves. En adición, la empresa Inbio SA creó un prototipo de respirador artificial, cuya eficacia fue evaluada por la Facultad de Ciencias Veterinarias de esa universidad, y el Instituto de Ciencias Veterinarias del Litoral (Universidad Nacional del Litoral-Conicet) encaró el diseño de un tercer respirador con el mismo propósito.

Adaptador de respiradores para su uso por dos pacientes. Dispositivo desarrollado por el laboratorio de fluidomecánica de la Facultad de Ingeniería de la UBA, con la colaboración de docentes de anestesiología de la Facultad de Ciencias Veterinarias y el hospital de Clínicas de la misma universidad, permite aumentar las capacidades de las instalaciones de terapia intensiva.

PREVENCIÓN

Vacunas. Las vacunas se basan en la producción de las proteínas o partes de ellas presentes en la superficie del virus, las que al ser administradas a personas sanas les producen inmunización preventiva. El Instituto de Investigaciones Biotecnológicas (UNSAM-Conicet) ejecuta uno de los más de cien proyectos mundiales de posibles vacunas contra el coronavirus SARS-CoV-2. Está en ensayos de la fase preclínica, realizados sobre animales, que tardarán entre unos seis a nueve meses y, de ser exitosos, serán seguidos por los ensayos clínicos en humanos.

Monitoreo de movilidad por inteligencia artificial. Es un proyecto llevado adelante en Santa Fe por el Instituto de Investigación en Señales, Sistemas e Inteligencia Computacional (UNL-Conicet). Consiste en emplear datos obtenidos del uso de teléfonos celulares para medir la movilidad durante la pandemia de una muestra de la población. Con la participación de investigadores del Instituto de Investigación en Biomedicina de Buenos Aires (Conicet, asociado con la Max Planck Gesellschaft), el instituto santafesino desarrolla, además, sistemas de apoyo al diagnóstico por análisis automático de imágenes de rayos X y métodos de uso masivo de detección de SARS-CoV-2, en ambos casos mediante inteligencia artificial.

Otras acciones. El Conicet, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación conformaron un grupo de asesoramiento científico, llamado Unidad Covid-19, para que ponga a disposición de las autoridades nacionales la información confiable actualizada necesaria para definir y ejecutar las medidas sanitarias motivadas por la pandemia. A partir de la conformación de esa unidad, la citada agencia llamó a concurso de ideas de proyectos financiables de investigación (que se pudiesen ejecutar en un plazo de seis meses a un año) sobre mejoras de la capacidad nacional de respuesta a la pandemia en cuanto a diagnóstico, control, prevención, tratamiento, monitoreo u otros. En algunas semanas el ente promotor asignó financiación a 64 de los más de 500 proyectos presentados. Aquellos que no fueron financiados por requerir un plazo de ejecución mayor, pero con calidad académica y viabilidad tecnológica, entraron en una segunda selección, de la cual se eligieron ocho proyectos que fueron financiados con aportes de los mencionados ministerio y agencia, más la Fundación Bunge y Born. En paralelo dicho ministerio organizó un programa de fortalecimiento de las capacidades científicas y tecnológicas de provincias y municipios de enfrentar la pandemia, que dio apoyo a 137 proyectos de investigación orientados a ese propósito.

¿Cómo acercarte a la ciencia en tres pasos?

1visitá

Nex Ciencia en: http://nexciencia.exactas.uba.ar

2sumate

a http://www.facebook.com/NEXciencia para recibir todas las novedades

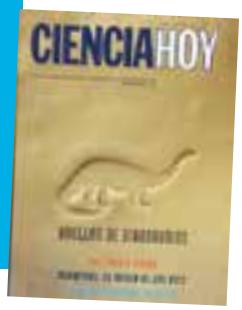
3seguinos

por Twitter a través de @nex_ciencia

nexciencia.exactas.uba.ar

El servicio de información científica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

HACE 25 AÑOS en CIENCIA HOY



EL INSTITUTO DE CÁLCULO DE LA UBA

CRISTINA MANTEGARI

La accidentada trayectoria de un instituto que en su momento fue innovador y, luego de treinta años de hibernación, recomenzó su vida académica es, quizá, un símbolo de la universidad argentina.

HUELLAS DE DINOSAURIOS EN NEUQUÉN

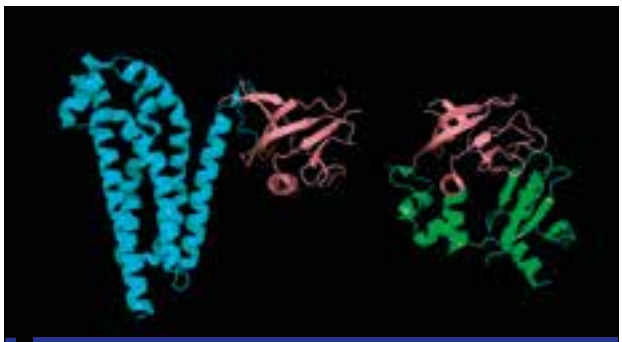
JORGE O CALVO Y RODOLFO A CORIA

En la costa oeste del lago Ezequiel Ramos Mexía, el embalse formado por el dique del Chocón, fueron halladas huellas dejadas por dinosaurios que vivieron hace cerca de 100 millones de años. ¿Qué aprendemos de ellas?

ARCHIVO GENERAL DE LA NACIÓN

JOSÉ CARLOS CHIARAMONTE (MODERADOR) SUSANA MARTÍNEZ, EDUARDO OLIVER, LUIS PRIAMO Y EUGENIO ROM

En noviembre de 1994, en la sede de la Fundación Banco Patricios, tuvo lugar una mesa redonda para discutir la vergonzosa situación en que se encuentra el Archivo General de la Nación. Los conceptos expresados entonces siguen vigentes, tal vez agravados por el hecho de que, con un nuevo cambio ministerial y con las actuales restricciones presupuestarias, las soluciones que se vislumbraban parecen hacer quedado en nada, incluso —por algún oscuro designio— el imprescindible concurso para poner un funcionario idóneo al frente del Archivo.



PROTEÍNAS A PEDIDO

NORA B CALCATERRA, ELENA G ORELLANO, NÉSTOR CARRILLO Y EDUARDO A CECCARELLI

La ingeniería de proteínas —o el diseño y la construcción, en el laboratorio, de nuevas proteínas con propiedades predeterminadas— es una de las áreas con perspectivas más notables de la biología molecular.

La ingeniería molecular de proteínas es un área de investigación y desarrollo científico que ha crecido exponencialmente en las últimas décadas. Basada en que la secuencia lineal de aminoácidos establece la estructura tridimensional de las proteínas y, por lo tanto, determina su función biológica, esta subdisciplina ha permitido diseñar proteínas con propiedades alteradas. En ese proceso de rediseño, se logra comprender su estabilidad, su actividad y su función, o incluso generar versiones 'mejoradas' de ellas. En este artículo, los autores presentan una interesante línea histórica que nos lleva desde el descubrimiento de las proteínas como uno de los cuatro grupos de moléculas esenciales para la vida, hasta el desarrollo de la mutagénesis sitiodirigida, una herramienta metodológica que es hoy clave tanto para la investigación académica como para el desarrollo de biofarmacéuticos a nivel industrial.

Visita nuestros archivos en www.cienciahoy.org.ar

EL PLANETA ROJO SE RESISTE A REVELAR SUS MISTERIOS

GUILLERMO LEMARCHAND

La exploración de Marte realizada por la NASA no permitió aún contestar a muchas de las preguntas que se hacen los científicos sobre el planeta, pero dio lugar a una serie de fantásticas conjeturas de las que se hizo eco la prensa.

NUEVOS MATERIALES A PARTIR DE RESIDUOS

ALDO R BOCCACCINI Y GERHARD ONDRACEK

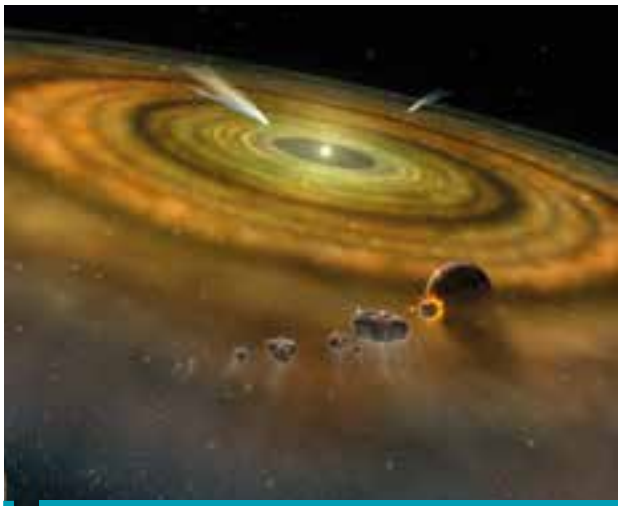
El destino final de los residuos industriales y domiciliarios es asunto de creciente importancia. Los autores analizan aquellos con forma de polvos o granulados y describen cómo la ciencia de los materiales proporciona procedimientos novedosos para depositarlos de manera segura o para volver a usados en variadas aplicaciones.

El desarrollo de técnicas y procesos para el tratamiento seguro de residuos industriales y domiciliarios sigue siendo un tema vigente veinticinco años después de la publicación del artículo, dada la creciente necesidad de proteger los recursos naturales y el medio ambiente.

MONONYKUS Y EL ORIGEN DE LAS AVES

LUIS M CHIAPPE, MARK A NORELL Y JAMES M CLARK

Los restos fósiles de un ave que vivió entre unos 71 y 96 millones de años atrás, encontrados en el Asia central, arrojan nueva luz sobre la relación de los dinosaurios con las aves y sobre las primeras etapas evolutivas de estas.



IDEA ACERCA DEL ORIGEN DE LOS PLANETAS

DIEGO HURTADO DE MENDOZA

Las teorías actuales sobre la formación de los planetas —originadas en las ideas de Laplace— mantienen, todavía un carácter especulativo, debido a la falta de datos experimentales. Las investigaciones geológicas y las misiones espaciales lentamente van llenando este vacío y modelando una teoría actualizada.

Algunas *covetimologías*

Si oímos decir *coronacrisis* y *coronabonos*, ¿por qué no *covetimologías*? (véase página 25)

Asma. Proviene de la palabra griega ἆσθμα, de la cual deriva la versión latina *asthma*. Puede entenderse en el sentido de jadeo o sofoco. El término aparece ya en la *Ilíada* de Homero, pero tanto él como Esquilo, Platón y otros escritores griegos lo emplean para designar la dificultad respiratoria ocasionada por un esfuerzo físico, una herida o un golpe. En los tratadistas médicos, como Hipócrates, se trata de un trastorno, y es recién Galeno quien la define en el siglo II como una enfermedad y no como un síntoma. Plinio el Joven por esa misma época latinizó su nombre y llamó *asthmaticus* a quien sufriera esta dolencia.

Barbijo. Proviene de la palabra latina *barba*, y parece ser una forma contracta de *barboquejo* o *barbiquejo*. El vocablo llega a la medicina en el siglo XIX, como parte de la transformación de las medidas higiénicas y sanitarias, consecuencia del reconocimiento de la acción de los microorganismos patógenos en el origen de las enfermedades. La apariencia de llevar una de estas máscaras, creada por una línea negra visible por debajo de la cabeza, dio su nombre vulgar en castellano al pingüino de barbijo (*Pygoscelis antarctica*), al que en inglés llaman barbado (*bearded penguin*).

Catarro. Los latinos lo llamaban *catarrhus*, tomado del griego *katárroos* (κατάρροος), del verbo *katarréo* (καταρρέω), que significa fluir hacia abajo. El formante *katá* (κατά), hacia abajo, contra, sobre, marca el movimiento y la raíz del verbo *rhéo* (ῥέω), fluir. La raíz de *rhéo* está presente en reuma, hemorroide, diarrea y gonorrea, todas enfermedades ligadas a algo que fluye.

Confinamiento. Es la acción y el efecto de nuestro verbo confinar, que deriva del latín medieval *confino*, desterrar, forzar una residencia obligatoria fuera de la propia o habitual. Sin embargo, confinamiento también puede entenderse como el hecho de recluir algo o a alguien dentro de límites, tal como lo entendemos hoy. Se forma a partir de confín, derivada del latín *confinis*,contiguo, vecino, fronterizo, un compuesto de *finis*, límite, frontera, final.

Corona. Del latín *corona*, que aludía principalmente a la disposición en círculo, coronada, ya fuera de objetos (comprendidas las coronas propiamente dichas) o de personas en asambleas o reuniones. También podía referir a la línea de un ejército durante una circunstancia de asedio o de defensa, así como un circuito o el perímetro de un campo. De allí el verbo *corono*, rodear o ceñir. Se encuentra el mismo sentido en el griego *koróne* (κορώνη), más polisémico, pues podía aludir también a aves marítimas o cuervos, a objetos curvos (incluidas nuestras coronas) o a la popa de un barco. También tenía el sentido de coronación, logro, en sentido figurado.

Diagnóstico. Proviene del adjetivo griego *diagnostikós* (διαγνωστικός), distintivo, capaz de distinguir o discernir, relacionado con el sustantivo *diágnosis* (διάγνωσις), distinción, discernimiento. Fue en tiempos modernos cuando adquirió el sentido de entendimiento de la causa de las enfermedades. Se forma con el prefijo derivado de la preposición *diá* (διά), a través de (como en diabetes o diarrea), *gnôsis* (γνῶσις), conocimiento (como en gnoseología), y el sufijo *tikós* (τικός), que significa 'referido a'.

Epidemia. Proviene del griego *epidemía* (ἐπιδημία), entendido como aquello que está en una población, pero también puede ser visita, llegada. Su origen es el compuesto de la proposición *epí* (ἐπί), sobre, encima, y el adjetivo *démios* (δήμιος), público, derivado a su vez de *dêmos* (δῆμος), pueblo o territorio habitado por un pueblo. Está relacionado con el verbo *epideméo* (ἐπιδημέω), residir, y con los adjetivos *epídemos* (ἐπίδημος) y *epidémios* (ἐπιδήμιος), que refieren a aquel que está o reside en el país. Ya en la Antigüedad se utilizó con la acepción médica hoy establecida en las lenguas modernas, esto es, como propagación de una enfermedad contagiosa en un país. Así, el verbo *epideméo* podía entenderse como propagar una enfermedad. Adquiriría luego el mismo sentido de la palabra latina *pestis*, enfermedad contagiosa, de donde deriva nuestra palabra peste.

Fármaco. Del griego *phármakon* (φάρμακον), sustancia que puede alterar la naturaleza de un cuerpo. Así, un fármaco en teoría podía ser tanto virtuoso como venenoso. Tenía también el sentido de preparado mágico, y de allí que existiera también el *pharmakós* (φαρμακός), entendido como mago, brujo o simplemente envenenador, aunque también podía entenderse como chivo expiatorio.

Gripe o **gripa**. Provendría del francés *grippe*, nombre dado a una epidemia ocurrida en el siglo XVIII en París, que a su vez viene del franco *grip*, garra, pues el mal agarraba al enfermo y no lo soltaba. Es probable también que la palabra francesa derivara a su vez del suizo-alemán *grüpen*, agacharse, acurru-

carse, temblar de frío, estar enfermizo. En los siglos XIII a XIV *grippe de fer* era un gancho de hierro para apretar algo, en 1632 *gripper* está atestiguado como quien estaba aferrado a una idea inamovible y en 1743 llegó a designar a una epidemia de catarro. Las expresiones francesas *grippe-sou*, *grippe-billet*, *grippe-liard* y *grippe-sol* significan avaro o tacaño: quien se aferra o se agarra a sus bienes.

Máscara o mascarilla. Nombre alternativo del barbijo. Proviene del árabe *mashara*, bufón, y este del verbo *sahir*, burlarse de alguien, pero llega a España probablemente por vía del catalán y acaso con influencia del italiano *maschera*. Para los griegos era *prósopon* (πρόσωπον), de *prós* (πρός), hacia, delante, y *óps* (ὤψ), rostro (también puede ser vista), por las caretas que se colocaban los actores. *Prósopon*, al igual que el término latino *persona*, designaban tanto a la máscara en sí como al personaje que ella representaba.

Neumonía. Definida como una inflamación grave de los alvéolos y los bronquiolos respiratorios, es el principal factor de muerte del coronavirus. Proviene del griego *pneúmon* (πνεύμων), pulmón, que a su vez deriva de *pneûma* (πνεῦμα), soplo o respiración (aunque también puede ser espíritu, hálito de vida o principio vital) y del verbo *pnéo* (πνέω), soplar o respirar. De allí se originaron también *apnea* (ἄπνοια) y *disnea* (δύσπνοια). En el primer siglo de nuestra era, el médico griego Ateneo de Atalia fundó en Roma la escuela de los neumatistas, en la que abrevó Galeno, quien aludía al *pneûma* como principio vital. Durante la primera era cristiana, los herejes conocidos como macedonianistas, fueron también llamados pneumatómacos (πνευματομάχοι), quienes combaten al espíritu, por su negación de la naturaleza divina del Espíritu Santo.

Pandemia. Proviene del griego *pandemía* (πανδημία), el pueblo entero, con la cual se relacionan los adjetivos *pandémios* (πανδήμιος), común al pueblo entero y *pándemos* (πάνδημος), que concierne a todo el pueblo. Los formantes involucrados son *pân* (πᾶν), todo, *démios* (δήμιος), público, y *dêmos* (δῆμος), pueblo o tierra habitada por un pueblo. Los latinos utilizaban *pandemus* también para referir a aquello que implicara al pueblo en su conjunto.

Protocolo. Se compone del formante *prôtos* (πρῶτος), primero, y *kólla* (κόλλα), cola, pegamento. También designa reglas ceremoniales o diplomáticas, pero antes un *protókollon* (πρωτόκολλον) era la hoja de guarda de un rollo escrito. Si se trataba de acta oficial, el protocolo llevaba sello de autenticación.

Rebaño. Término que se usa en la expresión *inmunidad de rebaño*, la cual se refiere a la situación de un grupo de personas o una población en la cual cesa de contagiarse una infección por haberse inmunizado una proporción importante de sus miembros. Rebaño es palabra de origen indefinido: podría venir de *rama* o vara usada por pastores para conducir ovejas, cuyo nombre se extendió al grupo de estas, y podría derivar a su vez de **ramaño*, y este del catalán y aragonés *ramat / ramado*. Puede también que esté relacionada con algún término árabe derivado de la raíz *rabab*, multiplicación.

Síntoma. Proviene del griego *sýmptoma* (σύμπτωμα), compuesta a partir del formante *sýn* (σύν), con, y el sustantivo *ptôma* (πτῶμα), caída, derivado del verbo *pípto* (πίπτω), caer. De allí viene también asíntota, aquello que no cae, del adjetivo griego *asýmptotos* (ἀσύμπτωτος). *Sýmptoma* significaba coincidencia, hecho fortuito que cae o acaece junto con otro; así, los médicos de la Antigüedad podían usar la palabra para referirse a los fenómenos que acompañaban una enfermedad.

Testeo. Proviene del latín *testum*, vasija de barro, de donde vienen testa y tiesto. El *testum* se usaba para separar metales preciosos de impurezas o para experimentar con ellos. Ello explica el sentido moderno de *prueba*. La testa es la cabeza, recipiente de los pensamientos. Así, un test es también un examen o prueba para probar capacidades o conocimientos.

Tos. Proviene del latín *tussis*. Hay quienes consideran que se pudo haber originado en el verbo *tundo*, golpear, en alusión al espasmo de la tos, de donde tunda, contundente y contusión.

Tratamiento. Designa las acciones para curar una enfermedad y proviene de *tracto*, tratar, verbo latino ligado a su vez al verbo *traho*, tirar, arrastrar. Una hipotética raíz indoeuropea **tragh*, tirar, arrastrar, podría haber dado traer, contraer, extraer y distraer. Recibimos buen trato de alguien que nos tira en el sentido correcto y nos distraemos si algo nos tira en distintas direcciones, lo que nos impide decidir o prestar atención.

Virus. Del latín *virus*, cuya acepción original era jugo, secreción o humor, en cuanto parte del paradigma médico de los humores que primó desde la Antigüedad hasta la tardía Edad Moderna. Se entendía en un sentido negativo, como veneno, ponzoña, infección o hedor. Fue tomada por el vocabulario médico moderno para referir a ciertos agentes infecciosos específicos, de los cuales forma parte el SARS-CoV-2. CH

Compilado por Ciencia Hoy *a partir de una iniciativa de* ***Jorge Barale*** *con contribuciones de* ***Luisina Abrach***, ***Pablo Adrián Cavallero***, ***Oscar Conde***, ***Santiago Francisco Peña*** *y* ***Alicia Schniebs***, *las que el equipo editorial agradece.*

Meteoritos azucarados que nos remiten a los orígenes de la vida

Si tomamos las células como las unidades básicas de la vida y aumentamos fuertemente la escala de observación, llegamos a vislumbrar la presencia crucial en ellas de ciertas grandes moléculas. La primera que salta a la vista es el ADN (ácido desoxirribonucleico) que forma los genes y actúa como el sostén duradero de la herencia. En segundo plano está el ácido ribonucleico (ARN), considerado un mensajero que transmite la información necesaria para que se realice el proceso que va del gen a la proteína.

Sin embargo, una teoría muy difundida postula que al ARN fue un protagonista clave en el desarrollo inicial de la vida. Se habla así de un 'mundo ARN', que habría sido una etapa evolutiva anterior a la existencia del ADN y de las proteínas, en el cual el ARN cumplía las funciones de dichas tres macromoléculas. Algunos resabios de ese mundo inicial llegaron hasta hoy: sabemos que el ARN es capaz de guardar y transmitir información genética, como es el caso de muchos virus, entre ellos el VIH o los coronavirus; también conocemos las ribozimas, macromoléculas basadas en ARN que son capaces de acelerar reacciones químicas igual que lo hacen las enzimas de base proteica.

Pero en el proceso de la vida en nuestro planeta, ¿cómo se llegó a estas macromoléculas complejas? ¿Cuáles fueron los ladrillos que permitieron construirlas, y mediante qué reacciones químicas? Cuando dirigimos la mirada a la composición del ARN, nos encontramos con la ribosa, un monosacárido que forma parte esencial del esqueleto de esa molécula.

Fragmento del meteorito que cayó en la localidad de Murchison, en el sureste de Australia, el 26 de septiembre de 1969. National Museum of Natural History, Washington DC.

Recientemente, un equipo internacional de científicos dirigido por Yoshihiro Furukawa, de la Universidad de Tohoku, en Japón, descubrió la presencia de ese azúcar en dos meteoritos, uno los cuales es el de Murchison, caído en 1969 en la localidad australiana de ese nombre. La cantidad de ribosa encontrada en la roca de dicho meteorito es extremadamente pequeña: tres veces menor que la de los aminoácidos detectados en ella en 1970. El mejoramiento de técnicas analíticas como la cromatografía en fase gaseosa acoplada a la espectrometría de masa permitió identificar ribosa en tan poca concentración.

No resulta sorprendente que los meteoritos hayan podido ser una fuente de componentes esenciales de las moléculas de la vida, dado que la Tierra había sido intensamente bombardeada por cometas y asteroides justo antes de que esta apareciera, hace unos 4000 millones de años. La detección de azúcares de origen extraterrestre no solo demuestra la posibilidad de que esos componentes se hayan generado fuera de nuestro planeta, sino que, además, dada la ausencia de desoxirribosa –componente esencial del ADN– en esos meteoritos, provee evidencia en favor de que haya existido el mencionado mundo ARN en el inicio de los tiempos.

Hervé Cottin, responsable del grupo de fisicoquímica orgánica espacial del laboratorio interuniversitario de sistemas atmosféricos en Créteil (Francia), es sin embargo muy enfático en sostener que este hallazgo aclara un poco más sobre los materiales disponibles cuando apareció la vida, pero no enseña nada sobre la receta. Por otra parte, John Sutherland y su equipo, de la Universidad de Manchester, han demostrado que los ladrillos de ARN pueden formarse sin que sea necesaria la ribosa, y sintetizaron ribonucleótidos a partir de moléculas más simples. El mismo investigador inglés, junto con un grupo de la Universidad de Cambridge, demostró que tanto ribonucleótidos y aminoácidos como precursores de lípidos podrían producirse en presencia de cobre y bajo efecto de rayos ultravioletas a partir de cianuro de hidrógeno (HCN) y de sulfuro de hidrógeno (H_2S), compuestos y condiciones que se creen reflejan los inicios del planeta.

En otras palabras, mientras los especialistas exploran las diferentes formas en que la vida se formó en aquel planeta tan joven, no podemos descartar una ayuda del cielo. CH

Adaptado de VANDEGINSTGE P, 'Des météorites sucrées nous ramènent aux origines de la vie', *La Recherche*, enero de 2020.

Más información en FURUKAWA Y *et al.*, 2019, 'Extraterrestrial ribose and other sugars in primitive meteorites', *Proceedings of the National Academy of Sciences* (US), 116 (49): 2440-2445.

¿Abuelo o tío de Lucy?

Un trozo de mandíbula hallado por un pastor de cabras del noreste de Etiopía fue la pista para descubrir los demás restos del cráneo de *Australopithecus anamensis*, un homínino que vivió hace unos 3,8 millones de años (Ma) y era del mismo género que la célebre Lucy, pero alrededor de 600.000 años más antiguo. (Los *homíninos* incluyen al ser humano moderno y a todos sus ancestros inmediatos de los géneros *Homo*, *Australopithecus*, *Paranthropus* y *Ardipithecus*; si a estos se agregan chimpancés, gorilas, orangutanes y sus ancestros inmediatos, se tiene el grupo de los *homínidos*. Véase *australianmuseum.net.au/learn/science/human-evolution/hominid-and-hominin-whats-the-difference/*.)

No se puede datar huesos de tanta antigüedad por análisis de ADN, pero el estudio geológico de las rocas volcánicas que envolvían el fósil permitió hacerlo por el muy preciso método radioisotópico argon-argon. Se demostró que la capa justo por encima del cráneo había sido formada entre hace 3,77 y 3,76Ma y que la capa justo por debajo, hace 3,8Ma. El cráneo –conocido como MRD por su sigla de inventario en el Museo de Historia Natural de Cleveland, Ohio– está magníficamente conservado y presenta un mosaico de características que evocan tanto a grupos de homíninos antiguos como modernos. Comparado con otros *Australopithecus*, el individuo no era muy alto, pues medía alrededor de 1,30m, y su configuración permite suponer que se habría desplazado en forma bípeda, aunque no puede descartarse enteramente que haya tenido hábitos arborícolas, ni locomoción cuadrúpeda o saltadora. El análisis de su dentadura proporciona una base para deducir lazos de parentesco con otras especies, lo que llevó a incluir a MRD en el grupo más reciente de los australopitecos, que data de entre 4,2 y 3,9Ma atrás.

Si se esquematiza, pueden distinguirse tres grandes grupos en la historia de los homíninos. El más antiguo data de hace más de 5Ma y comprende las especies del género *Ardipithecus*, descubiertas en el centro de África; el segundo grupo es el de los australopitecos, como Lucy y MRD, encontrados en la misma región de Etiopía con unos cuarenta años de diferencia; el tercero abarca las especies del género *Homo*, que vivieron desde hace unos 2,8Ma. Por mucho tiempo prevaleció una visión lineal de la evolución, llamada *evolución filética* o *anagénesis*, por la cual se producen cambios progresivos en cada grupo que dan lugar a un grupo nuevo, descendiente directo del anterior. La datación

Cráneo del homínino *Australopithecus anamensis* conocido como MRD, que vivió hace unos 3,8 millones de años, e interpretación del aspecto que pudo tener. Foto Museo de Historia Natural de Cleveland, Ohio; reconstrucción facial John Gurche.

de MRD pone en evidencia que, por lo contrario, coexistieron varias especies de homíninos africanos en el Plioceno, la época geológica que se extiende entre hace 5,33 y 2,58Ma.

La larga coexistencia de *Australopithecus anamensis* con la especie de Lucy, *Australopithecus afarensis*, indica que tuvo lugar el proceso por el cual un linaje ancestral se divide en dos o más linajes que evolucionan independientemente, proceso que se llama *cladogénesis*. Se piensa hoy que ambas especies difirieron más que lo que se creía antes, y que convivieron durante por lo menos 100.000 años.

Si bien el descubrimiento de MRD contribuye a responder varias preguntas relacionadas con el origen y la evolución de la especie humana, mucho continúa aún abierto a debate. Así, el hallazgo en 1997 en una caverna de Sudáfrica, a miles de kilómetros de Etiopía, del fósil más completo de australopiteco hasta ahora encontrado, conocido como Little Foot por sus pequeños pies, planteó grandes dificultades de interpretación y datación, incluso dudas sobre su especie. Jean-Jacques Hublin, del Instituto Max Planck de Antropología Evolucionista de Leipzig, es bien cauto en asignar parentescos, pues argumenta que la diversidad de las poblaciones de hace varios millones de años es seguramente más rica y compleja de lo que nos imaginamos. CH

Adaptado de BORDENAVE V, 2019, 'Découverte du crâne d'un ancêtre de Lucy', *La Recherche*, 552: 14-16.

Más información en BARRAS C, 'Rare 3.8-million-year-old skull recasts origins of iconic Lucy fossil', *Nature News*, 28 de agosto de 2019, accesible en *www.nature.com/articles/d41586-019-02573-w*; y en HAILE-SELASSIE Y *et al.*, 2019, 'A 3.8-million-year-old hominin cranium from Woranso-Mille, Ethiopia', *Nature*, 573: 214-219, DOI *10.1038/s41586-019-1513-8*.

Grupo Interinstitucional de Investigación sobre Ética y Pandemia

Algunas cuestiones éticas a propósito de la pandemia de Covid-19

El 30 de enero la Organización Mundial de la Salud declaró oficialmente que el brote del nuevo coronavirus SARS-CoV-2, causa de la enfermedad Covid-19, constituía una emergencia sanitaria de preocupación internacional; el 11 de marzo anunció que el mundo enfrentaba la primera pandemia de la historia provocada por un coronavirus. ¿Qué problemas éticos está generando en la Argentina? A juicio del grupo de investigación que integran los autores, la situación amplifica algunos problemas éticos que existían antes de la actual emergencia sanitaria, a la vez que crea otros, producto de la escasez de recursos, el tiempo disponible para investigar, la saturación de los servicios de salud y la propia respuesta a la pandemia. Estos múltiples problemas pueden ser discutidos profundamente usando los marcos teóricos y analíticos de las ciencias humanas. En esta nota dirigiremos la mirada a dos grupos de problemas éticos apremiantes: la asignación de recursos escasos y la aplicación de vacunas o terapias experimentales a seres humanos.

Asignación de recursos escasos en la atención de la salud

La asignación de recursos sanitarios en condiciones de escasez extrema plantea un problema ético. Una parte importante de los esfuerzos de las autoridades se dirige a mantener suficientemente baja la tasa de contagios, con el fin de evitar que el número de pacientes con necesidad de cuidados intensivos supere la capacidad de las instalaciones y de los equipos disponibles, al mismo tiempo que procuran aumentar el número de estos. De ahí el aislamiento social obligatorio y las restricciones a los desplazamientos y a las actividades económicas. Sin embargo, aun

¿DE QUÉ SE TRATA?

Marcos éticos de las decisiones sobre asignación de recursos médicos escasos con relación a las necesidades y de la autorización de prescribir tratamientos experimentales a enfermos graves.

las sociedades con menos limitaciones de recursos, como Italia o España, no han podido evitar situaciones de escasez en la asignación de respiradores o de plazas en unidades de terapia intensiva. Aunque es posible que no se produzca un desequilibrio entre las necesidades y los recursos en el sistema de salud de una provincia o una región de la Argentina, sí lo es que ocurra en instituciones particulares, durante momentos acotados o en zonas que estén haciendo la transición entre fases o etapas de la cuarentena. Por lo tanto, no podemos excluir que se deba tomar decisiones de este tipo en algún momento cercano.

Lo anterior plantea una serie de preguntas acuciantes: ¿cuáles serán los criterios por medio de los que se decidirá la asignación de recursos escasos? ¿La mayor esperanza de vida, la probabilidad de recuperación, el orden de llegada, el azar? Pensamos que no existe un único criterio que pueda responder a esta pregunta. Entonces, ¿cuál es la combinación apropiada de criterios que permita traducir de la mejor manera los principios de justicia y equidad que fundamentan nuestra sociedad y el deber de salud pública de salvar la mayor cantidad de vidas? ¿Y cuál sería el proceso más apropiado para generar esta combinación?

La manera aceptada de hacerlo en las sociedades con tradición democrática es elaborar guías y recomendaciones concretas para las instituciones médicas que, llegado el caso, deban tomar este tipo de decisiones, y hacerlo mediante un proceso de deliberación con participación ciudadana. Acerca de criterios posibles como la edad, la capacidad de recuperación, la expectativa de vida a corto y largo plazo existen serios debates: mientras que la guía italiana de la Sociedad Italiana de Anestesia, Analgesia, Reanimación y Terapia Intensiva (SAARTI) sugiere fijar una edad límite para la admisión en una unidad de terapia intensiva, dado que mayor edad supone esperanza de vida más corta, otras guías rechazan por discriminatoria la recomendación.

La filósofa Ruth Macklin, profesora emérita del Albert Einstein College of Medicine de Nueva York, rechaza el criterio de la edad cronológica porque no necesariamente se correlaciona con la edad fisiológica. Así, como señalan algunos autores, el tiempo restante de vida puede ser mayor para una persona de 65 años que para otra de 40. A su vez, un argumento esgrimido en el debate es que no existe una parte justa o suficiente de la vida, por lo que este criterio agravaría las injusticias en vez de solucionarlas. Sin embargo, con relación a la edad hay cierta coincidencia con la idea de priorizar a los niños. Por otro lado, se han dado a conocer argumentos contra el criterio de la expectativa de vida a largo plazo o, como se postuló en algunos casos, la fórmula inventada por Alan Williams, profesor del Centro de Economía de la Salud de la Universidad de York, en Inglaterra, de los años de vida ajustados por calidad (*quality adjusted life years*). Esas objeciones se basan en el postulado de que todas las vidas tienen igual valor, y en que se estaría vulnerando derechos humanos.

Otra discusión ética versa sobre si ciertas personas o grupos deberían tener prioridad especial. La guía bioética del Consejo de Salubridad General de México sostiene que existen tres razones a favor de dar prioridad al personal de salud para acceder a recursos escasos: (i) el argumento de la reciprocidad: retribuir su mayor exposición al virus; (ii) el argumento pragmático: lograr su pronta recuperación para que retornen a sus tareas, y (iii) el argumento de la eficacia: incentivar la actividad de quienes estén expuestos al contagio.

En este último caso existe el problema de definir quiénes son los trabajadores esenciales que deberían contar con esta prioridad. Las tres razones también podrían aplicarse a trabajadores que no son técnicamente personal de salud, pero están tan expuestos como ellos al contagio, lo cual plantea la cuestión de cómo decidir entre los que no y los que sí lo son.

Está ampliamente aceptado que esta clase de decisiones no compete solo a los médicos o las autoridades hospitalarias, sino, en última instancia, a la comunidad en general y a cada interesado en el caso particular. Una regulación explícita ayudaría a evitar las decisiones arbitrarias, permitiría tomarlas en forma consistente y liberaría (por lo menos en parte) al personal médico del enorme peso psicológico que ellas significan. Además, actuar en el marco de normas aprobadas disminuye de manera drástica para el personal médico la exposición a responsabilidades civiles o penales en el ejercicio profesional.

En una recopilación de normas aprobadas es conveniente tener una sección con reglas de procedimiento o protocolos, por ejemplo, para la admisión de pacientes, para clasificarlos por gravedad y pronóstico de acuerdo con estándares internacionales, para asignar recursos en forma consistente sobre la base de criterios explícitos, para establecer el grado de transparencia de la información, quiénes necesitan recibirla, cuándo y cómo, para prevenir y remediar abusos o corrupción, entre otros asuntos.

Al mismo tiempo, es necesaria una sección sustantiva, que explicite los criterios, las razones que los sustentan y los argumentos éticos implicados en los casos límite, cuando los recursos son sencillamente insuficientes para poder asistir a todas las personas que pueden beneficiarse de ellos. Este punto crucial muchas veces es soslayado. Sin embargo, es un aspecto central de una regulación verdaderamente útil. Es crítico que la regulación no solo sea médicamente adecuada, sino que además lo sea desde la perspectiva de la filosofía moral, y que tome en cuenta las restricciones jurídicas del derecho local en sus diversas ramas relevantes, como la civil, la penal, la administrativa o la constitucional.

Otro problema ético reconocido es no solo tener en cuenta las necesidades de salud de quienes se espera que sobrevivan, sino también las de personas que no se cree que lo hagan. Esto significa la necesidad de asignar recursos materiales y humanos a, por ejemplo, unidades de terapia intensiva para atender a los primeros, y también a cuidados paliativos o atención domiciliaria de los segundos.

Hasta aquí hemos hablado principalmente de recursos de salud. Estos son necesarios para dar una respuesta apropiada a la emergencia, pero no son suficientes. También son esenciales las habilidades de comunicación de los equipos de salud, y el apoyo afectivo y emocional que se pueda brindar a los pacientes, así como el que necesitan sus familiares. Una respuesta ética a una emergencia de salud pública implica no solamente salvar la mayor cantidad de vidas respetando los principios de justicia y equidad, sino también y al mismo tiempo evitar la mayor cantidad de sufrimiento en todas sus formas.

Tratamientos experimentales

El segundo grupo de problemas éticos que seleccionamos para analizar en esta nota plantea el uso de tratamientos experimentales en contextos de emergencia sanitaria, ya sea como parte de las investigaciones biomédicas con sujetos humanos, o fuera de esas investigaciones. En dichas investigaciones, la pregunta fundamental es cómo llevarlas a cabo para que produzcan datos de calidad de manera ética, pero con la urgencia necesaria para dar respuesta a la emergencia. Toda investigación biomédica requiere estándares éticos rigurosos para proteger adecuadamente a las personas y mantener la confianza en el sistema de investigación científica. Una de las respuestas

a esta enfermedad antes no conocida es realizar nuevas investigaciones para encontrar tanto los medicamentos como las vacunas que se necesitan con urgencia, y que solo pueden realizarse mientras el virus se encuentra en circulación. El desafío es hacer compatible la premura por obtener resultados con el cumplimiento de las normas éticas.

Las afirmaciones anteriores enfrentan dos posibles objeciones. Una es sostener que, en contextos de emergencia sanitaria, la investigación es prescindible, ya que los recursos deben enfocarse solo en la atención de la salud. La otra es que, dada la urgencia de la investigación, los estándares éticos y metodológicos pueden relajarse o minimizarse.

Sin embargo, la investigación es parte constitutiva de toda respuesta a una emergencia sanitaria, y mucho más si, como en este caso, el agente infeccioso es nuevo y de comportamiento desconocido. Sin ella, se actuaría a ciegas. Dicho esto, también hay que decir que uno de los desafíos cruciales de toda investigación en momentos de emergencia sanitaria es realizarla de modo que no afecte indebidamente la atención de los pacientes –tanto con Covid-19 como con otras dolencias– ni el trabajo del personal de salud. Esto forma parte de los principales marcos éticos reconocidos internacionalmente.

Así, la emergencia sanitaria crea una doble necesidad: atender la salud de la población y, al mismo tiempo, realizar las investigaciones que proporcionen el conocimiento científico sólido sobre el cual basar decisiones médicas y sanitarias acertadas. Satisfacer ambas necesidades repercute sobre todos los derechos, más allá del derecho a la salud, y sobre el bienestar general de la población en su conjunto.

No sería aceptable relajar los estándares éticos y metodológicos de la investigación realizada en un contexto de emergencia como el actual, pues por un lado pondría en riesgo a las personas que participen en esos ensayos, y por otro lado, como señalan varios autores en los artículos incluidos entre las lecturas sugeridas, implicaría desperdiciar recursos en estudios mal diseñados cuyos resultados, en consecuencia, serían científicamente menos confiables que los obtenidos aplicando los estándares de más alto rigor. Esa menor confiabilidad afectaría en especial a los médicos clínicos y a los sanitaristas que se apoyan cotidianamente en dichas conclusiones con el fin de prescribir tratamientos o diseñar políticas públicas, y también a las personas que recibirían las futuras vacunas o tratamientos.

Otro problema ético relacionado con la actual pandemia se suscita a propósito de los tratamientos experimentales, entendiendo por tales aquellos para los que no se cuenta con evidencia suficiente, reconocida por una autoridad competente, para darles uso masivo en la población. Esos tratamientos pueden ser parte de ensayos clínicos dotados de un diseño sólido para responder a las preguntas y los objetivos que se plantean (en lenguaje técnico, ser investigación biomédica científicamente robusta); o se pueden realizar fuera o en forma paralela a los anteriores, por ejemplo, en casos que se suelen calificar de 'compasivos' en que se recurre en última instancia al tratamiento expe-

rimental para pacientes graves excluidos, por causas diversas, de recibir la droga por ser incorporados a un ensayo clínico riguroso. Hablar de tratamiento compasivo puede resultar poco oportuno, porque el término es confuso y está emocionalmente cargado. Muy frecuentemente el tratamiento recetado fuera de los ensayos clínicos es uno aprobado para otra enfermedad y llamado 'fuera de indicación' (*off label*) para la Covid-19.

Los tratamientos experimentales fuera de ensayos clínicos se suelen considerar éticamente justificados en emergencias solo si se realizan en el marco de estrictas condiciones, que incluyen, entre otras, que haya suficientes evidencias preliminares de seguridad y eficacia, una evaluación del riesgo con relación al posible beneficio por un comité científico calificado, la aprobación por un comité de ética y por las autoridades competentes, la disponibilidad de recursos adecuados para minimizar los riesgos, el consentimiento del paciente o de un representante apropiado, y que los datos generados sean monitoreados por otros investigadores y compartidos con los integrantes de la comunidad científica en forma debida, completa y transparente.

Un tratamiento fuera de indicación, que no deja de estar en los medios, es la hidroxicloroquina, un fármaco usado para tratar la artritis y prevenir o tratar la malaria, recetada a veces a enfermos hospitalizados por Covid-19 a pesar de que se carece de evidencias científicas que avalen tal utilización. La aplicación descontrolada de tratamientos fuera de indicación, además, podría absorber recursos que estarían mejor aplicados a la realización de ensayos clínicos robustos o a medidas sanitarias probadas.

Las guías éticas de diversos países, por otra parte, reconocen que usar tratamientos experimentales fuera de ensayos clínicos no es necesariamente incompatible con usarlos dentro de estos, ya que ambos tienen distintos objetivos y pueden responder a diferentes necesidades de la población. Para hacer un uso responsable de los tratamientos experimentales dentro y fuera de los ensayos clínicos, sin embargo, es menester establecer definiciones, regulaciones y procedimientos claros, y evitar confusiones y conflictos innecesarios. En caso de que hubiera escasez de medios, sería necesario seguir un procedimiento público y transparente de asignación de los recursos escasos, como el que se discutió en la primera parte de la nota.

Palabras finales

El nuevo coronavirus no tiene problemas éticos, pues estos son problemas humanos. Como seres capaces de actuar en forma razonada y libre, también debemos considerar la responsabilidad de nuestra conducta y de nuestras respuestas individuales y colectivas ante a la pandemia de Covid-19. Así, mientras analizamos los problemas éticos y respondemos a la emergencia sanitaria fortaleciendo nuestros sistemas de salud y de investigación, resultaría beneficioso contar con un objetivo final que organice y dirija nuestra acción. Mantener, proteger y promover la pluralidad de planes de vida común que permite la democracia constitucional en la Argentina merece ser tal objetivo. CH

Son autores responsables de este artículo **Alahí Bianchini, Eduardo Rivera López, Florencia Luna, Marcelo Alegre, Diana Pérez** e **Ignacio Mastroleo** (*ignaciomastro@gmail.com*), integrantes de un proyecto de investigación interinstitucional del que participan el Instituto de Investigaciones Jurídicas y Sociales Ambrosio Lucas Gioja (UBA), el programa de bioética de FLACSO Argentina, la Universidad Torcuato Di Tella y el Instituto de Investigaciones Filosóficas (SADAF-Conicet). Pérez, Rivera López, Luna y Mastroleo son investigadores del Conicet.

LECTURAS SUGERIDAS

KIMBERLY LL *et al.*, 2017, 'Re-approval access terminology: A cause for confusion and a danger to patients', *Therapeutic Innovation & Regulatory Science*, 51, 4: 494-500. DOI *10.1177/2168479017696267*

LONDON A & KIMMELMAN J, 2020, 'Against pandemic research exceptionalism', *Science,* 368, 6490: 476-477. DOI *10.1126/science.abc1731*

MACKLIN R, 2020, 'Allocating medical resources fairly: The CSG bioethics guide', *Salud Pública de México*, 62: 1-3. DOI *10.21149/11486*

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2020, 'Uso de emergencia de intervenciones no probadas y fuera del ámbito de la investigación', *Orientación ética para la pandemia de Covid-19*. Accesible en *iris.paho.org/handle/10665.2/52430*

PORTALES MB & BECA JP, 2020, 'Buen morir en pandemia', *Revista Médica de Chile* Preprint. Accesible en *smschile.cl/new/noticias/2020/8439-PREPRINT.pdf*

POWELL T & CHUANG E, 2020, 'Covid in NYC: What we could do better', *The American Journal of Bioethics*. DOI *10.1080/15265161.2020.1764146*

VERGANO M *et al.*, 2020, *Clinical ethics recommendations for the allocation of intensive care treatments in exceptional, resource-limited circumstances*, Società Italiana di Anestesia, Analgesia, Rianimazione e Terapia Intensiva (SIAARTI).

WILLIAMS A, 1992, 'Cost-effectiveness analysis: Is it ethical?', *Journal of Medical Ethics*, 18, 1: 7-11. DOI *10.1136/jme.18.1.7*

Extracción de muestra de sangre
para un análisis serológico.

Nicolás I Torres y Karina V Mariño
Instituto de Biología y Medicina Experimental (IBYME), Conicet

Los tests serológicos: hoja de ruta de la Covid-19

En estos tiempos de pandemia, cuando muchas de nuestras actividades diarias se van visto completamente alteradas, nos bombardea un volumen apabullante de información sobre el virus SARS-CoV-2 y la enfermedad respiratoria que causa, Covid-19. Para comprenderla necesitamos asimilar conceptos inmunológicos que, en realidad, son extremadamente complejos. Esta nota procura explicar la índole de los *análisis serológicos*, tan discutidos hoy en ámbitos políticos y en los medios. (El término 'serológico' proviene de suero, la parte acuosa y no coagulable de la sangre.)

El sistema inmune

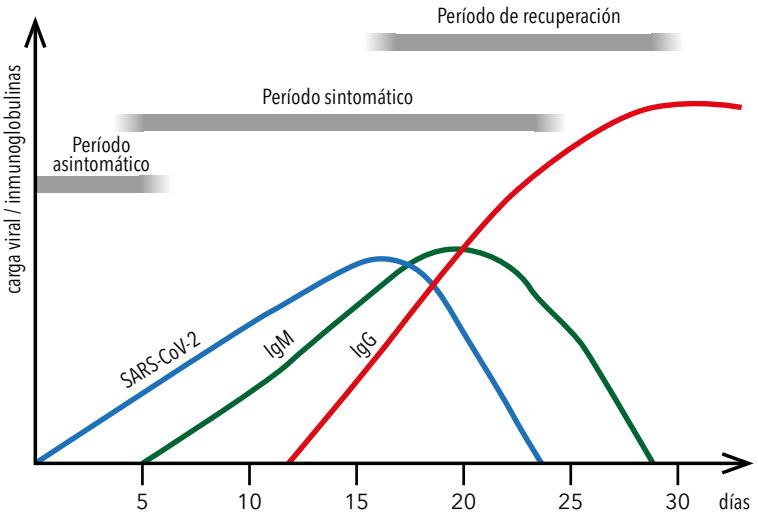
Comencemos por imaginar una ciudad medieval amurallada, como las que existen en muchas partes de Europa, construida hace diez siglos en tiempos difíciles, cuando los ataques por fuerzas externas no eran poco frecuentes. Las ciudades, por tanto, disponían de un sistema de defensas perfectamente articulado para detener al eventual invasor. Primero eran toscas e ineficaces, pero a medida que los ataques se sucedían, con su secuela de muertes y pérdidas materiales, se fueron mejorando y llegaron a ser poco menos que inexpugnables.

Podemos ver a las ciudades amuralladas como metáforas de nuestro sistema inmune, cuyo cometido en el organismo es defenderlo de agentes patógenos invasores. Actúa, así, como un ejército articulado que va al combate para preservar nuestra salud, y aprende de sus experiencias.

Un recurso que nos proporciona noticias de la marcha de la guerra son los tests moleculares y serológicos. Para comprender su valor, consideremos la evolución de la enfermedad. El primer acto hostil es la infección, que consis-

¿DE QUÉ SE TRATA?

Qué son los análisis serológicos, qué indican y cómo se diferencian de los realizados mediante hisopados de las mucosas nasofaríngeas.



Esquema ilustrativo de la evolución típica de pacientes infectados con SARS-CoV-2 según las indicaciones deducidas de detectar y analizar material genético viral e inmunoglobulinas en sangre. Las curvas no indican mediciones de casos concretos sino el comportamiento medio teórico. El eje vertical mide cantidades de material genético viral e inmunoglobulinas en sangre; el horizontal marca el transcurso del tiempo en días. La línea azul representa la variación de la abundancia de virus detectados mediante análisis por RT-PCR. Las líneas verde y roja indican los niveles de inmunoglobulina M (IgM) y G (IgG) en sangre de pacientes. Los tres segmentos horizontales superiores señalan respectivamente, de izquierda a derecha, los períodos (i) asintomático, (ii) sintomático, y (iii) de recuperación de la Covid-19. Sus comienzos y finales difuminados indican que pueden variar para cada paciente.

te en el ingreso del virus invasor en nuestro organismo y su multiplicación una vez dentro de este. A la manera de los guerreros griegos que penetraron en Troya ocultos en el célebre caballo y sin que los notaran los defensores, el virus atraviesa las murallas de nuestra ciudad sin ser detectado, razón por la cual su presencia puede permanecer inadvertida durante los primeros días posteriores a la invasión.

Pero, contraída la enfermedad, y en la medida que progresa, la presencia del virus se hace notar y el sistema inmune responde, lo que da lugar a la aparición de los síntomas de la dolencia, entre ellos, tos, fiebre, debilidad, etcétera. Como en todo ejército, el sistema inmune tiene combatientes que van de inmediato al frente y ocupan la primera línea de batalla, y otros con distinto armamento, rango y capacidad, que entran en acción más tarde. El primer ataque al invasor se realiza con armas y soldados poco específicos, pertenecientes a la llamada *inmunidad innata*. Muchas veces esas primeras acciones de defensa logran contener la enfermedad pero, si no lo consiguen, pueden por lo menos informar al comando sobre las características y la forma de proceder del invasor.

Con la información obtenida en las primeras escaramuzas, entre los cinco y siete días después de la infección pasan al ataque los *linfocitos B*, que son células productoras de *anticuerpos*. Estos funcionan como proyectiles que reconocen ciertas partes del virus y dirigen a ellas su ataque. El primer proyectil que producen es la *inmunoglobulina M* (*IgM*), un anticuerpo de la fase aguda de la enfermedad cuyo ingreso en la batalla es rápido, pero su ataque no es muy preciso ni siempre eficaz. Mientras las brigadas de IgM defienden la ciudad, otros linfocitos B producen proyectiles más adecuados para explotar las debilidades del invasor: es la *inmunoglobulina G* (*IgG*), un arma de más precisión y eficacia que está lista y va a la guerra alrededor de catorce días después de la infección.

Cuando están ardiendo las casas y la ciudad peligra, no se escatiman recursos: los combatientes IgM e IgG pueden luchar a la par en la etapa activa de la enfermedad, pero con el tiempo los primeros abandonan el campo de batalla y dejan a los IgG a cargo del combate, para cuyas funciones específicas están mejor formados, lo cual los hace más aptos para dar el golpe final y retomar, finalmente, la ciudad. Luego, los linfocitos B productores de IgG que lucharon y vencieron permanecerán en guardia y circulando, por si el invasor decide volver.

¿Análisis de diagnóstico o análisis serológico?

El análisis de diagnóstico detecta al genoma del virus por una técnica llamada RT-PCR (*reverse transcription polymerase chain reaction*) que se aplica a muestras obtenidas por hisopados nasofaríngeos. El análisis serológico mide la cantidad de anticuerpos IgM e IgG en la sangre. Son tests complementarios, y usando ambos se obtiene información sobre el progreso de la enfermedad, ya que los anticuerpos circulan por el organismo una vez generados. Analicemos cinco situaciones que revela el uso conjunto de ambos análisis:

1. RT-PCR positivo, análisis serológico negativo para IgM e IgG. Es un caso de infección reciente, dado que se detecta la presencia de virus, pero no de los anticuerpos, que aún no se generaron.

2. RT-PCR positivo, análisis serológico positivo para IgM y negativo para IgG. La persona ha sido infectada, y se encuentra en el período temprano de la enfermedad.

3. RT-PCR positivo, análisis serológico positivo para IgM e IgG. El paciente se encuentra en la etapa activa de la enfermedad. Su organismo ataca el virus con todos los medios posibles.

4. RT-PCR positivo, análisis serológico negativo para IgM y positivo para IgG. El individuo se encuentra cursando la etapa final de la enfermedad.

5. RT-PCR negativo, análisis serológico negativo para IgM y positivo para IgG. El virus ya no puede detectarse. El análisis se repite unos días más tarde y, si se obtiene nuevamente el resultado negativo del RT-PCR, se dispone de evidencia de que el virus ya no se encuentra en el organismo. El paciente ha transitado la enfermedad y su sistema inmune la venció.

Los cinco casos anteriores indican la evolución de pacientes que han sido diagnosticados con Covid-19. Si el diagnóstico molecular se complementa con un análisis de inmunoglobulinas, podemos saber en qué estadio de la enfermedad se encuentra el paciente. En general sabemos que en la mayoría de ellos, en estadios tempranos, aparece primero la IgM; que cuando se detectan simultáneamente IgM e IgG están en el período de respuesta máxima, y que cuando solo se tiene un resultado positivo para IgG, la infección está remitiendo o ha pasado.

De hecho, según los protocolos aplicados hoy en la Argentina, solo se realizan ambos estudios en pacientes en seguimiento. Sin embargo, y a partir de la disponibilidad de análisis en laboratorios privados, se ofrecen ambos estudios a quienes quieran hacerse los análisis y resuelvan pagar su costo.

Los estudios de detección de virus, que se hacen por el mencionado método RT-PCR, buscan concretamente material biológico del virus; por lo tanto, son esenciales para realizar el diagnóstico de la enfermedad. Como todo análisis, pueden arrojar resultados erróneos, llamados falsos positivos y falsos negativos. Un falso negativo puede ser consecuencia de una muy reducida cantidad de virus en el organismo debido a que la infección es muy reciente, a fallas en la obtención de la muestra o al procesamiento de esta, que es complejo y requiere ser llevado a cabo en centros especializados. Por ello, más allá de personas sintomáticas, para las cuales este análisis es necesario y se realiza cuando el paciente se presenta, a personas sin síntomas pero que hayan tenido contacto con enfermos de Covid-19 se les practica el análisis un número de días después de dicho contacto.

Por su lado, la posibilidad de un falso positivo es muy baja, debido a que son análisis específicos desarrollados para detectar SARS-CoV-2. El propio análisis se realiza en un par de horas, pero debido a los pasos previos, entre ellos el envío de la muestra desde el punto de recolección hasta el laboratorio, la preparación de la muestra en este, la realización efectiva del test, etcétera, más la posible entrada de muestras al laboratorio a un ritmo mayor que la capacidad de este de analizarlas, el resultado puede llegar con algunos días de demora.

A diferencia de los anteriores, los tests serológicos buscan detectar la respuesta inmune generada contra el virus, pero no pueden determinar la presencia de este.

Hisopado nasofaríngeo.

Por ello deben realizarse más tarde en la evolución de la enfermedad. Contrariamente al diagnóstico molecular, que requiere equipos complejos que solo están en centros especializados y operan técnicos calificados, los tests serológicos son sencillos, rápidos y mínimamente invasivos. La muestra de sangre se toma de la yema de un dedo y no se requiere recurrir a equipos específicos, pues se usa un kit descartable. Los resultados se obtienen *in situ* en menos de veinte minutos.

En las últimas semanas de mayo se comenzaron a practicar análisis serológicos a voluntarios elegidos al azar en puntos neurálgicos de la ciudad de Buenos Aires por los que circula mucha gente, como los nodos de transporte. Testeos masivos de este tipo solo tienen modesto valor para el individuo asintomático, pero son de gran utilidad epidemiológica, puesto que ayudan a entender cuántas personas estuvieron expuestas al virus sin síntomas o con síntomas mínimos, es decir, que no responden a la definición de caso sospechoso. Esa información es crucial para predecir la evolución de la pandemia en cada sitio y decidir en qué momento y hasta dónde morigerar las restricciones al contacto interpersonal.

Tener inmunoglobulinas no significa protección para siempre (pero puede ayudar)

Para saber cuán eficaces serán las defensas adquiridas por quienes transitaron y vencieron la Covid-19 ante nuevos ataques del virus se necesita registrar y estudiar un número considerable de casos, pues solo es posible sacar conclusiones de algún valor con una buena base estadística. Esto es así porque el SARS-CoV-2 es un nuevo agente infeccioso cuyo comportamiento aún ignoramos. En otras palabras, se necesita más tiempo.

Si –para razonar por analogía– nos alejamos del actual virus y consideramos otros, advertiremos situaciones, por ejemplo, el virus del sarampión, cuya infección deja con defensas de por vida. Sin embargo, hasta donde sabemos hoy, tener IgG contra el SARS-CoV-2 solo significa haber estado expuesto a la Covid-19 y haberla superado con éxito. Además, por lo que conocemos de las infecciones con otros coronavirus (como SARS-CoV-1, que desencadenó una epidemia en China en 2003, o ciertos coronavirus endémicos), el hecho de tener IgG no significa poseer un pasaporte vitalicio de inmunidad. Es decir, las inmunoglobulinas que se generaron durante la infección y ganaron la batalla contra el virus pueden no ser totalmente eficaces ante una reinfección. En términos de la metáfora de la ciudad medieval con la que iniciamos nuestro artículo, el invasor puede volver con armas mejores y con tácticas diferentes, ante las cuales las defensas anteriores resulten anacrónicas y se encuentren superadas. En una palabra, tener un buen número de inmunoglobulinas hoy no puede considerarse, con nuestros conocimientos actuales, una protección para siempre.

En cuanto a la vacunación, por la que las personas reciben un estímulo que las hace generar defensas sin pasar por la enfermedad, existen en la actualidad más de cien proyectos diferentes a lo largo del mundo ejecutados a marcha forzada para crear una vacuna específica contra el SARS-CoV-2. Ello da esperanzas de que, en un tiempo relativamente corto para los lapsos habituales en materia de medicamentos o vacunas, podamos contar con un camino eficaz para que el sistema inmune, luego de haber ganado la experiencia necesaria con la vacuna, aprenda a responder temprana y adecuadamente a este virus.

Como reflexión final, apuntemos que si bien no podemos afirmar hoy que las inmunoglobulinas resultantes del tránsito por la Covid-19 otorguen un pasaporte vitalicio de inmunidad, sí podemos sostener que ayudan en pacientes con complicaciones graves, presentes o potenciales. Un método terapéutico aplicado con alto éxito para otras enfermedades es la administración de plasma de convalecientes –personas encuadradas en la quinta situación de las indicadas antes– a enfermos de Covid-19 en estado crítico. Las experiencias realizadas con SARS-CoV-1 y con MERS-CoV fueron prometedoras, lo que abre la esperanza de que el recurso también funcione para SARS-CoV-2. Después de todo, estamos convocando al frente a veteranos condecorados que llegan para aportar su experiencia en el momento álgido de la batalla. CH

LECTURAS SUGERIDAS

DHAMA K *et al.*, 2020, 'Covid-19, an emerging coronavirus infection: Advances and prospects in designing and developing vaccines, immunotherapeutics and therapeutics', *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, 1-7. DOI *10.1080/21645515.2020.1735227* Accesible en *www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7103671/*

Nicolás I Torres
Doctor en ciencias biológicas, UBA.
Becario posdoctoral de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica en el IBYME.
nicotorres@live.com

Karina V Mariño
Doctora en ciencias químicas, UBA.
Investigadora adjunta del Conicet en el IBYME.
Profesora adjunta, Universidad Argentina de la Empresa (UADE).
kvmarino2017@gmail.com

Guiomar E Ciapuscio
Instituto de Filología y Literaturas Hispánicas Amado Alonso,
Facultad de Filosofía y Letras, UBA

El habla de la pandemia

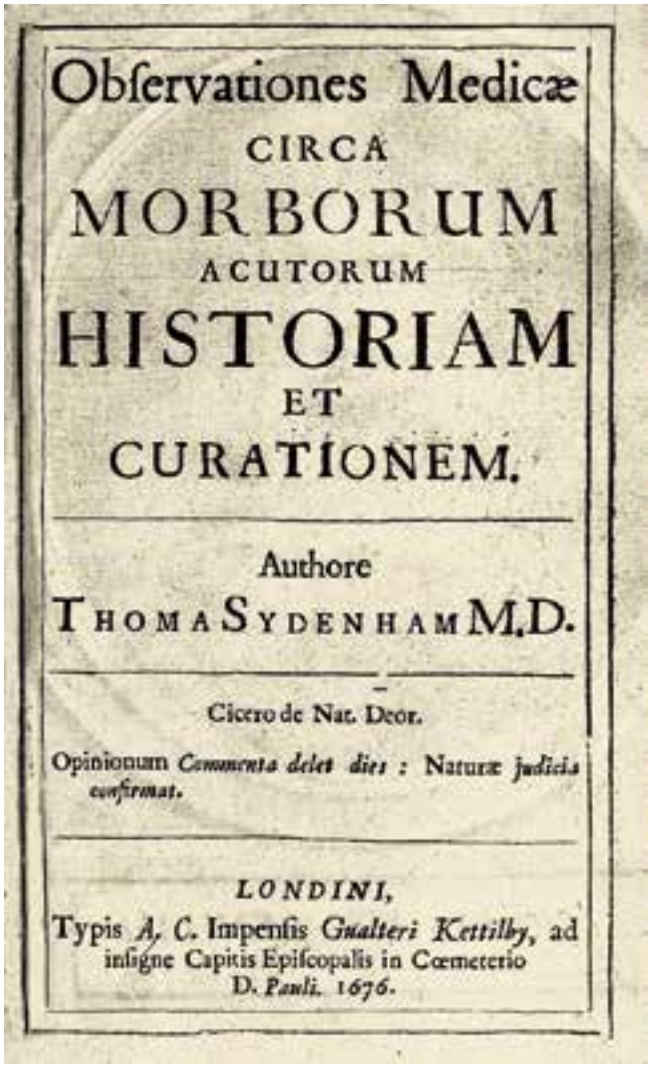
La pandemia que sufre el mundo globalizado y que afecta a la ciudadanía universal, causada por un nuevo coronavirus, necesita del concurso del conocimiento especializado no solo de la medicina y la biología, sino también de la política, la economía, la sociología, la cultura y la educación. Las epidemias sanitarias, como los desastres ambientales, congregan necesariamente las voces de distintas especialidades, que confluyen en el discurso público, en los medios, en las redes sociales y, por supuesto, en el hablar cotidiano. La pandemia también repercute en las lenguas, especialmente en sus léxicos. Por otra parte, el lenguaje y las lenguas son la herramienta fundamental para comprender, constituir, modificar y comunicar conocimientos sobre la enfermedad y sobre los modos de resolver la crisis descomunal que sufre el planeta.

Es un hecho evidente que, a partir del momento en que se desató la crisis sanitaria, palabras propias de las ciencias biológicas y médicas irrumpieron en el habla cotidiana, es decir, migraron a la conversación de todos los días y probablemente algunas de ellas, transcurrida la crisis, permanezcan en las mentes de los ciudadanos y en los diccionarios generales de la lengua: *coronavirus*, *virus*, *ARN*, *antivirales*, *retrovirales*, *reactivos*, *tasa de reproducción*, *tasa de letalidad*, *contagio cero*, *inmunidad de rebaño*, *paciente cero* (*R0*), entre otros, son términos que la pandemia trajo a los medios, a las redes, a los discursos de los gobernantes y a los hogares del mundo entero, y que de este modo pasaron a engrosar el léxico de todos.

Aislamiento social preventivo y obligatorio, *aislamiento comunitario* o *barrial*, *confinamiento preventivo* o *selectivo*, *vigilancia social*, *cuarentena obligatoria*, *flexibilización de la cuarentena* son expresiones (técnicamente, *sintagmas*) que se han constituido en unidades significativas para designar las distintas medidas tomadas por los gobiernos de todos los países con el propósito de enfrentar la pandemia. Por su lado, los analistas aprovechan algunas de las bases de esas expresiones para generar nuevos conceptos, como *vigilancia epidérmica e hipodérmica*, o les dan nuevos significados a palabras establecidas, como es el caso de *confinamiento*. También, el mundo político aprovecha el término central de la crisis expandiéndolo metafóricamente en frases como *pandemia de la*

¿DE QUÉ SE TRATA?

La irrupción del lenguaje médico en el habla cotidiana y la repercusión de esta en el léxico de aquel: migraciones del significado de términos, creaciones lingüísticas y metáforas.



Obſervationes Medicæ
CIRCA
MORBORUM
ACUTORUM
HISTORIAM
ET
CURATIONEM.

Authore
THOMA SYDENHAM M.D.

Cicero de Nat. Deor.
Opinionum *Commenta delet dies : Naturæ judicia confirmat.*

LONDINI,
Typis *A. C.* Impenſis *Gualteri Kettilby*, ad insigne Capitis Epiſcopalis in Cœmeterio D. *Pauli.* 1676.

Portada de *Observationes medicae (Observaciones de medicina)*, 1676, posiblemente la obra más conocida de Thomas Sydenham, que por un par de siglos fue obligado libro de texto.

corrupción, *pandemia económica*, *pandemia social*, *doble pandemia*, o crea palabras compuestas, como *infectadura*, para polemizar con adversarios.

En esta coyuntura inédita se incrementa y potencia la creatividad lingüística de los hablantes, sea para nombrar nuevas realidades o para expresar emociones o sensaciones que involuntariamente se apoderaron de nosotros y modificaron la relativa normalidad anterior. Un neologismo es una palabra nueva que se acuña para denominar una nueva realidad como sucedió, por ejemplo, en el campo científico con la creación de Covid-19, un acrónimo de *Coronavirus disease* 2019, para nombrar la hasta ahora inexistente enfermedad.

En el mundo periodístico y cultural se crearon *infodemia* –usado en España antes que aquí– o su opuesto, *desinfodemia*, para indicar respectivamente exceso de información sobre la peste y noticias falsas o tendenciosas acerca de ella. Las nuevas palabras pueden ser objeto de creaciones con propósitos denominativos, como *coronacrisis*, *coronabonos*, *coronahorarios*, *covidiotas*, o lúdicos, como *corona bebé*, *coronials*, *cuarentenials* y *pandenials*, estos últimos a partir de calcos del inglés. En contextos como este, los hablantes suelen actuar sobre el léxico existente y modificarlo para expresar nuevos conceptos, según se aprecia en *cuarentenear*, *zoompleaños*, *zoomclase*, *aplausazo*. Para conocer más sobre estas innovaciones léxicas del presente se puede acudir a los registros de la Red Antenas Neológicas, un proyecto internacional que registra las palabras nuevas del mundo hispanohablante. El nodo argentino, con sede en la Universidad Nacional de General Sarmiento, había registrado a mediados de mayo más de cien neologismos vinculados con la pandemia.

Los hechos que hemos mencionado, desde la migración de términos especializados al vocabulario común hasta la creación de nuevas voces o la modificación de palabras existentes, muestran el carácter dinámico y abierto del léxico de las lenguas, producto de la actividad lingüística creativa de los hablantes, tanto especialistas como no especialistas.

La pandemia también ha traído al ruedo un gran instrumento del pensamiento y del lenguaje que sirve para conocer el mundo y sus complejidades: la metáfora. Especialmente ha actualizado aquella que muchos llaman la metáfora madre de la medicina: la metáfora bélica. En una reciente nota de la periodista Inés Capdevila, el subtítulo la despliega con amplitud: 'Mientras el objetivo del contagio cero se abre paso en algunos países, la ciencia logra avances en múltiples frentes para combatir el virus'.

La medicina como guerra contra la enfermedad y el discurso bélico están presentes ya en el siglo XVII en los textos del médico inglés Thomas Sydenham (1624-1689), como puede apreciarse en el fragmento '…a murderous array of disease has to be fought against, and the battle is not a battle for the sluggard' ['…se debe luchar contra una formación letal, la enfermedad, y no es una batalla para holgazanes']. La metáfora bélica se encuentra naturalizada desde comienzos del siglo XX como una de las centrales de la medicina y se emplea para hablar de distintas enfermedades, especialmente para el cáncer. Al mismo tiempo, ha sido bastante cuestionada por sus consecuencias para el ejercicio de la medicina y sus efectos, en ocasiones negativos, sobre el paciente. El texto de la periodista citada es un botón de muestra del aprovechamiento de la metáfora bélica, la que se reitera de manera ubicua en el discurso de los más diversos medios de difusión y en infinidad de situaciones que caracterizan nuestra nueva cotidianidad pandémica.

La metáfora de la guerra no es un mero recurso retórico: es el instrumento cognitivo y lingüístico dominante para pensar y hablar de la pandemia. El enemigo responsable de nuestros males es el virus SARS-CoV-2,

En la metáfora de la medicina como guerra, un soldado se prepara para entrar en batalla.

el invisible agente hostil que irrumpe, llega, viaja, regresa, contagia, causa la enfermedad Covid-19 y mata. La personificación del enemigo –cuyas capacidades llegan a ser sutiles (considérese el título periodístico 'El coronavirus es democrático para expandirse, pero clasista con las muertes')– se realiza a partir de la activación de la metáfora de la guerra: hay enemigo, hay referencias a estrategias, tácticas, luchadores, hay combates y, por lo tanto, artillería, avances y retrocesos, derrotas y triunfos, víctimas, recuperados y vencidos. Al SARS-CoV-2 hay que frenarlo, bloquearlo, enfrentarlo, derrotarlo y suprimirlo. La artillería debe ser integral: para su contención o mitigación los gobernantes luchadores recurren al aislamiento, el control y la vigilancia; los guerreros de la medicina a los testeos, los controles de la tasa de reproducción y letalidad, a fármacos retrovirales y ventiladores externos. Los investigadores batallan a fuerza de experimentos y pruebas en la carrera hacia la ansiada vacuna, el arma definitiva.

La metáfora bélica proporciona un marco conceptual rico en asociaciones que permiten conceptualizar la pandemia y elaborar, según nuestros distintos perfiles y responsabilidades sociales, nuestro convivir con ella. Junto con la metáfora bélica concurren otras metáforas en el discurso pandémico, por ejemplo, la de la carrera o maratón, que reposa en la más básica del camino: un punto de partida con el brote epidémico, un trayecto con traspiés y escollos, retrocesos y avances, y un punto de llegada, la vacuna, que marca el fin de la pandemia.

Las metáforas, sin embargo, tienen sus riesgos, especialmente el de la imprecisión, debido a su mecanismo de base que consiste en establecer correspondencias entre dominios de conocimiento que son similares, pero también diferentes. Las metáforas iluminan similitudes, pero apagan diferencias. Por lo tanto, es cauto mantener cierta vigilancia cognitiva sobre las metáforas que empleamos y ser reflexivo sobre las implicancias que de manera natural producen. ¿Son los pacientes meros cuerpos en los que se libra la batalla? Los contagiados, reales o probables, especialmente el personal de salud, ¿pueden llegar a verse como ocasionales aliados del mal, dado el temor que ocasiona el marco conceptual de la guerra? ¿Qué cometido le cabe a la ciudadanía en esta lucha? ¿Somos espectadores o coprotagonistas en la pelea contra el mal? ¿Cuáles son los códigos con que los gobernantes y los médicos llevan adelante la lucha contra la enfermedad? ¿Cuáles son los

Otro uso de la metáfora bélica: la extracción de sangre para el test serológico como una de las armas del combate.

costos que determinada sociedad está dispuesta a pagar para ganarle a la pandemia?

La última pregunta, en la que recurrimos a otro campo metafórico, nos conduce a otra, más general y de interés científico: ¿podríamos renunciar por completo al empleo de metáforas? ¿Podríamos pensar y hablar de la pandemia sin la metáfora bélica y las expresiones lingüísticas que la materializan en las distintas lenguas del mundo? Muy difícilmente. Si fuera posible, sin duda lo haríamos de una manera en extremo limitada y empobrecida. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ADELSTEIN A Y KUGUEL I, 2008, *De salariazo a corralito, de carapintada a blog: nuevas palabras en veinticinco años de democracia*, Universidad Nacional de General Sarmiento, Buenos Aires. Accesible en *www.educ.ar/recursos/119655/de-salariazo-a-corralito-de-carapintada-a-blog*

BLEAKLEY A, 2017, *Thinking with metaphors in medicine: The state of the art*, Routledge, Nueva York.

CAPDEVILA I, 2020, 'Dos tendencias prometedoras que antes eran impensadas', *La Nación*, 3 de mayo. Accesible en *www.lanacion.com.ar/el-mundo/coronavirus-dos-tendencias-prometedoras-hace-mes-parecian-nid2360628*

CIAPUSCIO G, 2003, 'Metáforas y ciencia', Ciencia Hoy, 13, 76: 60-66.

Guiomar E Ciapuscio
Doctora (Dr Phil) en lingüística, Universidad de Bielefeld.
Investigadora principal del Conicet.
Profesora titular, FFYL, UBA.
gciapusc@gmail.com

Jorge V Crisci y Liliana Katinas
Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP

Una mirada evolutiva al nuevo coronavirus

No es posible controlar la naturaleza sin obedecer sus leyes
Francis Bacon (1561-1626)

Para el físico alemán Werner Heisenberg (1901-1976), que recibió el premio Nobel de esa disciplina en 1932 por su contribución a la mecánica cuántica, observamos la naturaleza a través del cristal de nuestras preguntas. Esto es verdad para los cuatro interrogantes que se responden en este artículo.

Por tercera vez en los últimos diecisiete años, un coronavirus hospedado por animales resultó transmitido a seres humanos. El SARS, llamado así por *Severe Acute Respiratory Syndrome* (síndrome respiratorio severo agudo), apareció en China en 2003 y nos llegó desde un mamífero que fue su hospedador inicial, el murciélago de herradura de la especie *Rhinolophus affinis*, por vía de otro mamífero que actuó como hospedador intermediario, la civeta (*Paradoxurus hermaphroditus*). El MERS, cuyo nombre significa *Middle East Respiratory Syndrome* (síndrome respiratorio del Oriente Medio) hizo irrupción en Arabia Saudita en 2012: en este caso el hospedador intermediario fue el dromedario (*Camelus dromedarius*).

Avanzado el año 2019 emergió en China el SARS-CoV-2, causante de la enfermedad respiratoria Covid-19, declarada pandemia por la Organización Mundial de la Salud. El SARS-CoV-2 tiene estrecha semejanza genética con los dos virus anteriores, por lo que se supone que procede de murciélagos, pero se carece de evidencia firme sobre cuál hospedador intermediario, si alguno, lo haya transmitido al ser humano, aunque se piensa que un candidato probable es el pangolín, un mamífero de la familia *Manidae*.

Se comprende que la epidemia de Covid-19 iniciada en la provincia china de Wuhan se haya convertido en pandemia, pues el virus se dispersó por el mundo con la ayuda inestimable de la globalización, ese flujo de personas, bienes, servicios, tecnología, conocimiento, valores e ideas que atraviesa las fronteras y llega a los últimos

¿DE QUÉ SE TRATA?

¿Por qué apareció el SARS-CoV-2? ¿Cómo sucedió? ¿Qué caminos geográficos siguió su dispersión? ¿Cómo podríamos evitar que un virus de estas características aparezca otra vez?

confines del planeta. Así, el ser humano resultó el mejor y más rápido agente de dispersión del SARS-CoV-2.

La biología evolutiva proporciona una explicación de los mecanismos de esta catástrofe y un marco de referencia para prevenir la aparición de nuevas pandemias. Recurriendo a ella procuraremos responder a las cuatro preguntas planteadas.

¿Por qué apareció el SARS-CoV-2? Evolución

Los virus evolucionan de la misma manera que lo hacen los organismos formados por células, sean bacterias, animales, plantas u hongos. La evolución también explica la razón por la que cada año aparecen nuevas cepas del virus de la influenza o la aparición de resistencia a los antivirales por parte de cepas del VIH, el virus que provoca el sida.

La evolución consiste en el cambio de las características hereditarias de grupos de organismos en el curso de varias generaciones y es un proceso constante. En otras palabras, evolución es la descendencia con modificación a partir de un ancestro común. Desde una perspectiva de corto plazo, es la adaptación de las poblaciones a los desafíos y cambios ambientales. Por lo tanto, la evolución tiene dos componentes: la relación ancestro-descendiente de los diferentes linajes, que es la genealogía de la vida llamada también filogenia, y los procesos que la produjeron. La genealogía se representa mediante árboles filogenéticos, unos diagramas jerárquicos, ramificados, no reticulados, que grafican las hipotéticas relaciones evolutivas entre organismos.

El nuevo coronavirus tiene una historia evolutiva que se está desenvolviendo ante nuestros ojos, y que incluye su origen, su genealogía, los procesos que la produjeron y el camino geográfico que sigue el virus para generar la pandemia de Covid-19.

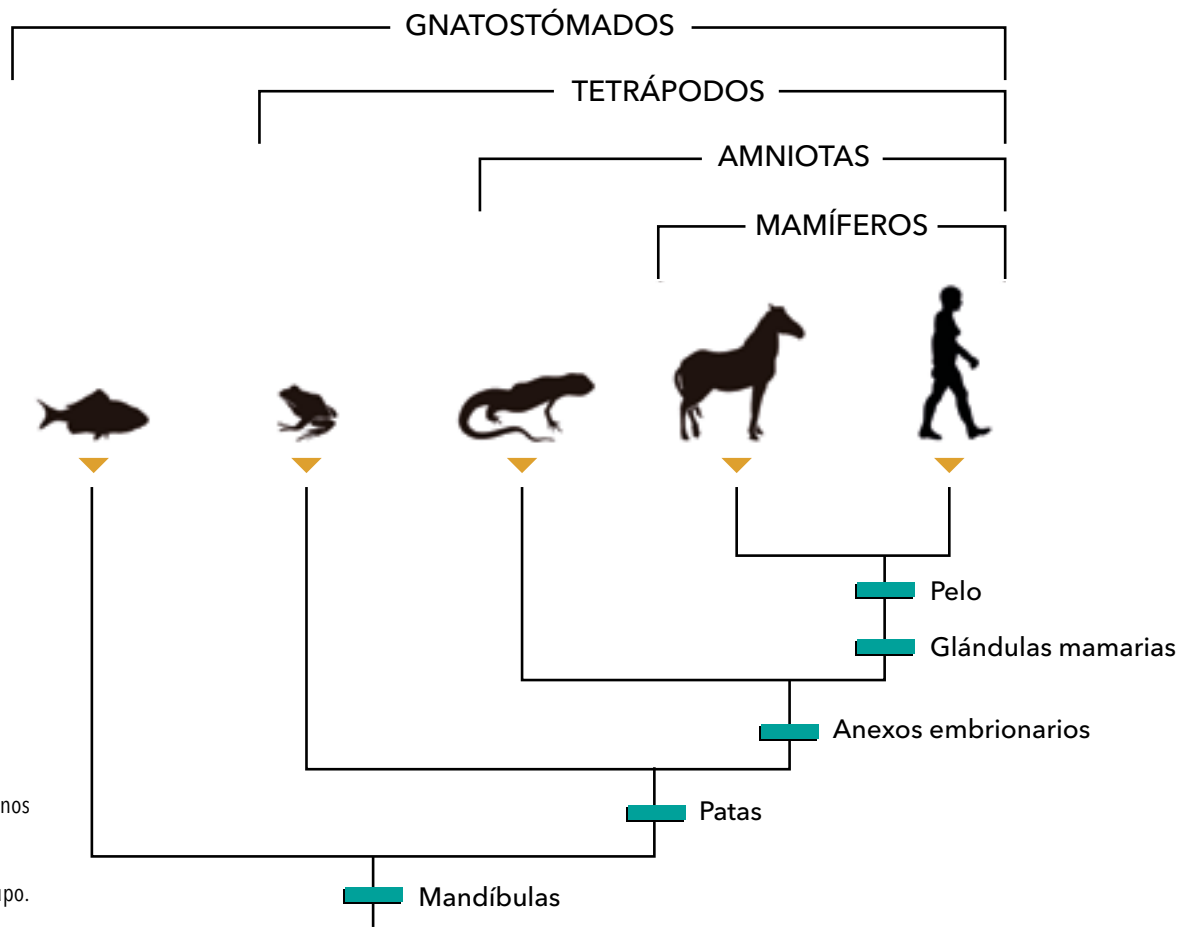
¿Cómo sucedió? Genealogía y procesos evolutivos

La secuenciación del genoma del virus SARS-CoV-2 en los pacientes infectados y de genomas de otros coronavirus que han infectado personas, y que viven normalmente en animales sanos como murciélagos y camellos, nos permite conocer el origen, las vías de transmisión y las mutaciones que ha sufrido el virus desde que comenzó la pandemia. Los estudios genealógicos muestran que el virus posee en su genoma 96% de similitud o de parentesco con un coronavirus de murciélago, 80% con el virus del SARS y algo menos con el MERS. De allí se

LA EVOLUCIÓN VINDICADA

La aparición del SARS-CoV-2 es otra prueba irrefutable en favor de la evolución biológica. Esta, concebida como descendencia con modificación, propuesta entre otros por Charles Darwin en el siglo XIX, está sostenida por evidencias concluyentes, entre ellas, el registro fósil, la unidad de la vida reflejada en el hecho de que todos los organismos poseen ácidos nucleicos (ADN o ARN) como material hereditario, la evolución observada –por caso, la reciente aparición de cepas de bacterias resistentes a la mayoría de los antibióticos– y los estudios de anatomía comparada corroborados por el registro fósil. Estas evidencias han demostrado que las características de los organismos evolucionan de formas preexistentes en sus ancestros. Por ejemplo, los huesecillos del oído medio de los mamíferos evolucionaron a partir de los huesos de la mandíbula de los reptiles, y pasaron de una función alimentaria a una función auditiva. En los últimos 160 años, los científicos han descubierto los complejos mecanismos que generan la variación biológica, que son la herencia y la selección natural, y cómo estos mecanismos llevan al cambio evolutivo. Sin embargo, existe una tendencia anticientífica, llamada *creacionismo*, que rechaza la existencia de la evolución.

El creacionismo es un concepto muy amplio utilizado en diferentes religiones como una alternativa científica a la evolución biológica. Contiene una gran variedad de doctrinas, que van de explicaciones elementales a complicadas, entre estas el 'diseño inteligente'. Todas tienen en común el rechazo a la evolución, y se basan en la idea de una entidad supranatural creadora de cada especie en su forma actual. El creacionismo no es ciencia, como la ciencia no es religión. El ejemplo extremo del creacionismo es la lectura literal de los libros sagrados, que en algunos casos implica que la Tierra tiene unos pocos miles de años. Este extremo se da especialmente en algunos grupos evangélicos de los Estados Unidos. El vicepresidente de ese país, Mike Pence, y varios integrantes del gabinete del presidente Donald Trump sostienen que el creacionismo es ciencia y rechazan la evolución. Es una curiosa paradoja que Trump haya designado a Pence para dirigir la respuesta de su gobierno al nuevo coronavirus, pues el vicepresidente no solo enfrenta el brote de una grave enfermedad, sino otra sólida prueba de la existencia de la evolución biológica.



Árbol filogenético que muestra las relaciones de algunos vertebrados y las características que definen a cada grupo.

puede deducir que el virus SARS-CoV-2 se originó a partir de un coronavirus muy similar al SARS alojado en un murciélago y que, probablemente, por la vía de un animal intermediario (¿pangolín?), infectó a uno o más seres humanos.

Principalmente, pero no únicamente, tres procesos causaron lo anterior: la mutación, la recombinación genética y el accionar de diversas fuerzas evolutivas, entre ellas, la selección natural. La mutación y la recombinación genética producen variación, y la selección natural opera sobre esa variación. La mutación es un cambio heredable en el material genético, sea ácido desoxirribonucleico (ADN) o ácido ribonucleico (ARN). Las mutaciones se producen aleatoriamente y no son una respuesta específica a la necesidad de una adaptación. La recombinación genética es intercambio de material genético entre virus de dos cepas que invaden la misma célula anfitriona, lo que genera una nueva combinación de genes, no nuevos genes.

Toda variación heredable con algún efecto sobre la supervivencia o transmisibilidad del virus queda sometida a diversos mecanismos de fijación de mutaciones, que actúan en el nivel poblacional, es decir, de las cepas en el caso de los virus, como es la selección natural. Existe un diferente éxito reproductivo –capacidad de dejar descendientes en la próxima generación– entre individuos que tienen diferentes variantes de una característica, dependiendo del ambiente en el que viven. Si, en un ambiente determinado, una de las variantes aumenta la supervivencia y reproducción de los individuos que la portan, la población, a través del tiempo, tendrá una mayor proporción de individuos con esa variante y pobreza –o incluso extinción de individuos– de otras variantes menos adaptadas a ese ambiente. La selección natural opera sobre los productos del azar, pero en esa operación no interviene el azar sino rigurosos y complejos factores biológicos.

Podemos suponer que, al comienzo, las cepas de virus en el murciélago carecían de la capacidad de infectar humanos. Con el tiempo pueden aparecer virus que, por cambios en sus genes o mutaciones, adquieren esa capacidad y que oportunamente pueden infectar (probablemente a través de otro animal) a uno o más seres humanos. La combinación genética que resulta patógena para el ser humano es adquirida por el virus al azar, de modo que el paso del hospedador (un murciélago, supongamos) a humanos es un fenómeno que combina variabilidad con oportunidad. Es posible, también, que las mutaciones que mejoraron la eficiencia replicativa en humanos se hayan dado una vez alojado el virus en el cuerpo de estos, algo que se ve reflejado en la transmisibilidad

del virus entre personas. En ese ambiente (el cuerpo humano) la selección natural beneficiará a los virus mejor adaptados a infectar y persistir en las personas y, por lo tanto, capaces de dejar progenie viral en la próxima generación, a diferencia de aquellos que solo son capaces de infectar al murciélago. Una vez en el cuerpo humano, los virus mejor adaptados adquieren –por nuevas mutaciones– la capacidad de transmitirse entre personas.

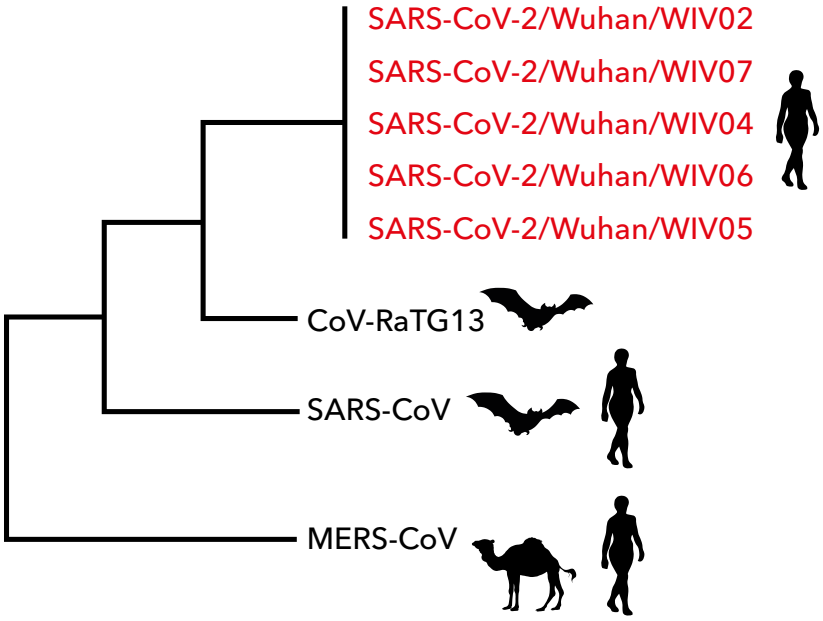
No se puede descartar por completo que una recombinación genética del virus del murciélago con un animal intermediario pudiese haber dado como resultado una nueva cepa capaz de sobrevivir dentro del cuerpo humano. Cualquiera que sea la fuente exacta de la nueva cepa, la selección natural fomentó (por ejemplo, por facilidad en la transmisión persona-persona) que esta tuviera un conjunto de características conducentes a la inevitabilidad de la pandemia.

¿Qué caminos geográficos siguió su dispersión? Nuevas mutaciones

Los datos genómicos recopilados desde el comienzo del brote muestran que este virus, como era de esperar, continúa mutando al azar a medida que se dispersa por el mundo. Si se reconstruye, mediante árboles filogenéticos, la trayectoria evolutiva de los genomas de esas mutaciones y se ubican dichos árboles en el tiempo y en la geografía, pueden formularse hipótesis sobre la propagación del virus en el espacio, sobre los momentos de introducción en los diferentes países y sobre la tasa de crecimiento de la pandemia.

Si bien las mutaciones pueden revelar cómo se mueve el coronavirus, la interpretación de ese movimiento mediante hipótesis genealógicas tiene algunas limitaciones que no impiden su utilización pero que merecen ser tenidas en cuenta. En sitios genealógicamente alejados del origen o la base del árbol filogenético, las migraciones de las personas pueden provocar vínculos entre ramas en las que los virus venían evolucionando de manera independiente y paralela. Esto significaría reticular la propagación y quitaría fidelidad a la representación jerárquica no reticulada. Por ejemplo, una de las cepas del virus activa en Italia pudo haberse originado en Alemania, pues cepas de ese país comparten tres nuevas mutaciones con la cepa italiana. Otra hipótesis igualmente probable es que una variante china que portaba las tres mutaciones hubiera llegado en forma independiente a ambos países. El sitio web *Nextstrain* ilustra en tiempo real estas trayectorias geográficas y genealógicas del SARS-CoV-2, pues utiliza datos genéticos sobre las mutaciones del virus para rastrear la propagación de la pandemia.

Por último, es poco probable (aunque no imposible) que algunas de estas nuevas mutaciones puedan hacer que el virus aumente su patogenicidad. Un comentario sobre las mutaciones posibles del SARS-CoV-2 publicado en *Nature Microbiology* en 2020, citado en las lecturas sugeridas, manifiesta que gran parte de las mutaciones impactan negativamente en algún aspecto de la función del virus y, por ello, se eliminan por selección natural. Además, hace énfasis en que el modo de transmisión viral y la virulencia están controlados por múltiples genes y por lo tanto es probable que estén sujetos a restricciones evolutivas estrictas pues requieren la acumulación de numerosas mutaciones para aumentar su patogenicidad.



Genealogía simplificada que muestra la relación del SARS-CoV-2 con otros grupos de coronavirus. En rojo se representan los pacientes muestreados en Wuhan, China, infectados por el SARS-CoV-2. MERS: síndrome respiratorio de Oriente Medio. RaTG13: coronavirus del murciélago *Rhinolophus affinis*. SARS: síndrome respiratorio agudo grave. Gráfico tomado de Zhou *et al.* y basado en secuencias de nucleótidos de genomas completos.

¿Cómo podríamos evitar que un virus de estas características aparezca otra vez? El factor humano

Las mutaciones, la oportunidad de infectar al ser humano y la capacidad de contagio entre seres humanos son hechos aleatorios que podrían llevarnos a pensar en una muy baja probabilidad de que los tres ocurran simultáneamente. Sin embargo, dos circunstancias aumentan esa probabilidad: (i) la gran cantidad de generaciones que los virus producen en muy poco tiempo, en especial aquellos cuyo genoma está compuesto por ARN, como los coronavirus, que lo hacen en menos tiempo que los que tienen ADN, y (ii) el factor humano: generado por condiciones sanitarias inadecuadas, consumo y manejo de alimentos potencialmente peligrosos (por ejemplo, animales enfermos), facilidad de acceso de las personas a alimentos contaminados, alta densidad demográfica en el sitio del inicio de la epidemia, insuficientes conocimientos científicos en las etapas tempranas de la infección y gran movilidad del agente dispersante del SARS-CoV-2, los seres humanos. Sobre la primera de estas circunstancias tenemos escasa forma de actuar, pero podemos hacer mucho para controlar la segunda mediante el diseño y la aplicación de inteligentes políticas públicas.

Reflexiones finales

La frase del filósofo y estadista inglés Francis Bacon, pronunciada hace más de cuatrocientos años y transcripta en el epígrafe de esta nota, es de singular actualidad en estos tiempos de pandemia. Obedecer las leyes de la naturaleza requiere, ante todo, conocerlas, y para hacerlo solo disponemos de una herramienta: la ciencia basada en evidencias empíricas y capaz de generar explicaciones comprobables. El microbiólogo Vincent CC Cheng, del Queen Mary Hospital de Hong Kong, y sus colaboradores escribieron en 2007 un artículo publicado en *Clinical Microbiology Reviews* y citado entre las lecturas sugeridas: 'La existencia de un gran reservorio de virus del tipo SARS-CoV en murciélagos de herradura, junto con la costumbre de consumir mamíferos exóticos en el sur de China, constituyen una bomba de tiempo'. La investigación científica es el instrumento para aprender a desactivarla y la biología evolutiva es un componente central de esa mirada científica que nos podría ayudar a que eludiéramos la repetición de la tragedia. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ANDERSEN KG *et al.*, 2020, 'The proximal origin of SARS-COV-2', *Nature Medicine*, 26: 450-452.

APODACA MJ *et al.*, 2019, 'A concept map of evolutionary biology to promote meaningful learning in Biology', *The American Biology Teacher,* 81: 79-87.

CHENG VCC *et al.*, 2007, 'Severe Acute Respiratory Syndrome coronavirus as an agent of emerging and reemerging infection', *Clinical Microbiology Reviews*, 20: 660-694.

GRUBAUGH ND, PETRONE ME & HOLMES EC, 2020, 'We shouldn't worry when a virus mutates during disease outbreaks', *Nature Microbiology*, 5: 529-530.

HADFIELD J *et al.*, 2018, 'Nextstrain: Real-time tracking of pathogen evolution', *Bioinformatics*, 34: 529-530. Accesible en *nextstrain.org/*

PERLMAN S, 2020, 'Another decade, another coronavirus', *The New England Journal of Medicine*, 382: 760-762.

ZHOU P *et al.*, 2020, 'A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin', *Nature*, 579: 270-273.

Jorge V Crisci
Doctor en ciencias naturales, UNLP.
Investigador superior del Conicet.
Profesor emérito, UNLP.
Académico, Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria.
crisci@fcnym.unlp.edu.ar

Liliana Katinas
Doctora en ciencias naturales, UNLP.
Investigadora principal del Conicet.
Profesora titular, UNLP.
katinas@fcnym.unlp.edu.ar

Daniel González Maglio
Instituto de Estudios de la Inmunidad Humoral (IDEHU), Conicet

Luz ultravioleta y coronavirus

La luz del sol tiene una acción directa sobre la vida en la Tierra, empezando por el hecho de que las plantas y otros organismos fotosintéticos se valen de su energía para crecer, gracias a lo cual existen seres vivos en nuestro planeta. Pero la relación entre la luz y los seres vivos va más allá del Sol y la fotosíntesis. La interacción entre la luz y los seres vivos, desde las bacterias hasta los humanos, configura un gran campo de estudio, la *fotobiología*, del que una parte es la *fotoinmunología*, o el estudio de los efectos de la luz en la respuesta inmune de los seres humanos y otros mamíferos.

La fotobiología ha revelado una gran diversidad de efectos de la luz –tanto beneficiosos como perjudiciales– en los organismos, en los tejidos y en las células que los componen, y en las moléculas de estas, que varían con el tipo de luz que se considere. La luz del sol, en efecto, a la que llamamos luz blanca, es una forma de radiación electromagnética compuesta por un conjunto o espectro de luces que, separadas, tienen cada una su propio color: hay luz roja, naranja, amarilla, verde, azul, violeta y tantas posiciones intermedias entre esos tonos como seamos capaces de distinguir.

Además, cada luz se diferencia por la frecuencia y la longitud de onda de la radiación (y por la energía que transportan). La luz violeta está en un extremo del espectro, el de la radiación de mayor frecuencia y menor longitud de onda; la roja, en el otro. Más allá de esos extremos, en ambos sentidos, nuestros ojos no perciben la luz (pero sí lo hacen ciertos animales). Llamamos ultravioleta (UV) a la radiación de mayor frecuencia inmediatamente lindante con la violeta e infrarroja (IR) a aquella de menos frecuencia inmediatamente lindante con la roja.

También en el continuo de la luz o radiación ultravioleta podemos distinguir distintos tipos: UV-A, UV-B y UV-C, cada uno con diferentes capacidades de interacción con los seres vivos debido a que transportan energías diferentes, crecientes de UV-A a UV-C.

Por otro lado, si bien el Sol emite luz con todas estas energías, no todas alcanzan la superficie de la Tierra porque son detenidas por los gases de la atmósfera. La radiación UV-C es completamente frenada, lo mismo que la mayoría de la UV-B. El resto pasa y llega a todo ser vivo sobre la superficie del planeta.

¿DE QUÉ SE TRATA?

Los efectos esterilizantes de la luz ultravioleta y los peligros que encierra.

La luz ultravioleta y los seres vivos

En 1877 los británicos Arthur H Downes (1852-1938) y Thomas P Blunt (1842-1929) demostraron que la luz solar tenía la capacidad de matar bacterias expuestas durante cierto tiempo a ella. Observaron que microorganismos contenidos en tubos con medios para su cultivo no se multiplicaban si se exponían en forma prolongada a la luz del sol. Alrededor de 1900, cuando estudió el proceso con más detalle, el médico danés Sophus Bang (1866-1950) descubrió que la radiación más efectiva para la eliminación de bacterias era la UV-C, seguida luego por la UV-B y finalmente la UV-A, pero esta última tenía poca o casi nula capacidad de matar bacterias. Para estos experimentos utilizó lámparas de gran potencia en reemplazo de la luz directa del sol.

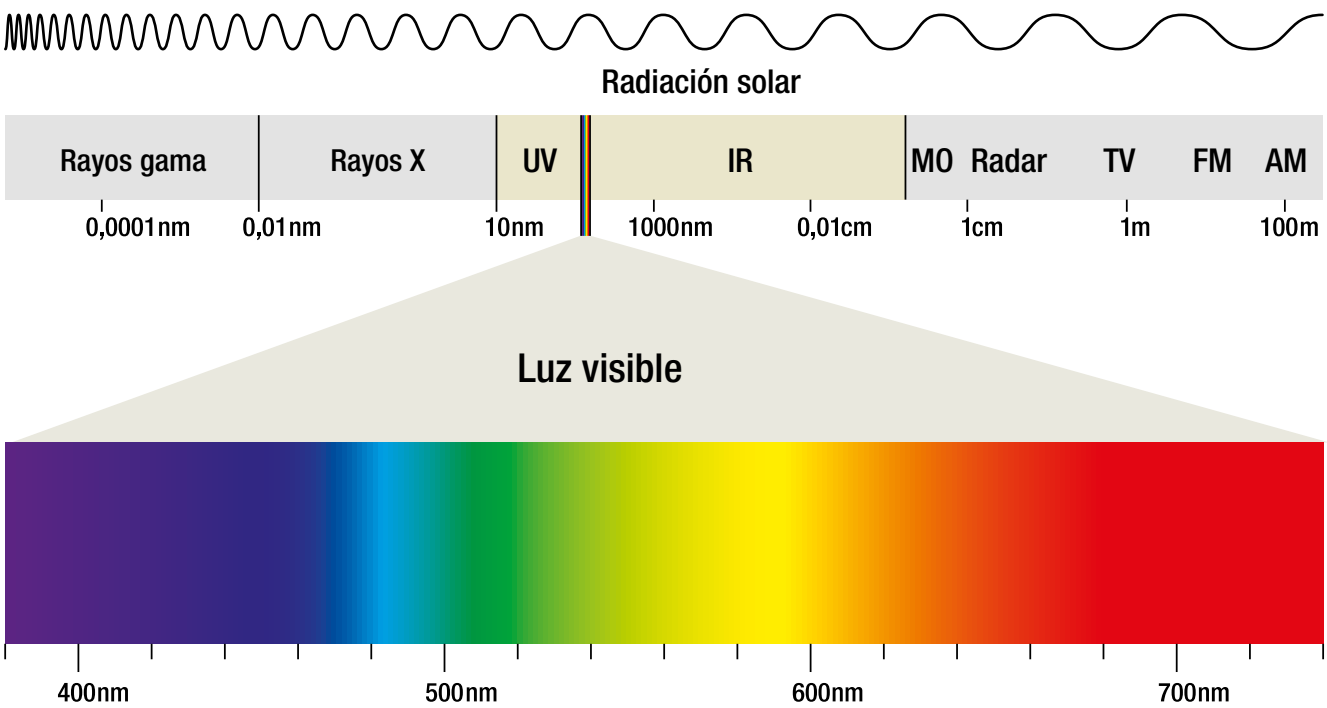
Solo en 1960 pudo demostrarse en forma empírica la razón de este efecto, mediante un experimento simple pero contundente. Los holandeses R Beukers y W Berends, de la Universidad Tecnológica de Delft, expusieron fragmentos de ácido desoxirribonucleico (ADN) a radiación UV-C y constataron que esta los dañaba, y que si esa exposición superaba ciertos umbrales de tiempo o intensidad, el daño del material genético se volvía irreparable y el organismo moría. Estos conocimientos sirven desde hace tiempo para eliminar microorganismos de lugares expuestos que deben mantenerse estériles, principalmente superficies en laboratorios. Este efecto del UV-C tiene una limitación importante: solo es útil para esterilizar superficies, porque la capacidad de la radiación de penetrar la materia es muy baja.

Como los virus contienen material genético, se sigue que la radiación UV-C los puede dañar y provocar que queden inactivados, es decir, incapaces de cumplir el ciclo infectivo de los organismos en cuyas células ingresan. Por lo tanto, ¿puede emplearse la luz ultravioleta para combatir el coronavirus SARS-CoV-2?

La primera respuesta a la que se llega como conclusión lógica de lo expuesto es afirmativa. En la Argentina existen, en efecto, lámparas de luz UV en venta en comercios especializados para esterilizar locales hospitalarios. Extender su uso a viviendas, oficinas, talleres e incluso al transporte público, sin embargo, es desaconsejable y hasta peligroso.

Riesgos de las lámparas de luz UV

Dado que todo lo que contenga material genético puede ser dañado por la radiación UV-C, seres humanos y animales domésticos están sujetos a ese peligro, en particular la piel y los órganos que asoman a la superficie, puesto que la radiación penetra escasamente en profundidad y no alcanza los órganos internos. Por esto, el uso de lámparas UV-C con fines esterilizantes en hospitales



La franja superior del gráfico es un esquema del espectro de radiación electromagnética ordenado de izquierda a derecha por longitud de onda creciente o frecuencia decreciente; en su centro, en gris amarillento, se indica la radiación solar, que va desde los 10 nanómetros (nm) de los rayos ultravioletas de mayor frecuencia (UV-C) hasta las décimas de centímetro de los rayos infrarrojos de mayor longitud de onda. Después de estos vienen las microondas (MO) y las ondas de radio. Entre la zona del ultravioleta y la del infrarrojo se ubica la luz visible, cuya composición por colores, entre aproximadamente los 380 y 740 nanómetros de longitud de onda, se indica ampliada en la parte inferior del gráfico.

Equipo robótico de desinfección hospitalaria por luz ultravioleta en acción. Nótese la ausencia de personal durante su uso.

requiere personal capacitado y cuidadoso manejo, un esfuerzo y un costo que se justifican por la decidida disminución de los tiempos de higienización de locales como quirófanos, consultorios o habitaciones con relación a la limpieza tradicional, y la posibilidad de más rápida reutilización de ellos.

Para la higiene en el hogar y de los ámbitos laborales es eficaz y seguro apelar a los métodos tradicionales, esto es, usar agua y jabón para las manos y el cuerpo, y agua con lavandina para las superficies y objetos. No es necesario y sí peligroso recurrir a las lámparas UV esterilizantes. Es lo que se apuró a hacer saber la Organización Mundial de la Salud (OMS) con motivo de la pandemia de Covid-19.

Además de las lámparas UV esterilizantes existen otras usadas para detectar billetes falsos, dado que, a diferencia de los legítimos, aquellos no fluorescen bajo su luz. Esas lámparas emiten radiación UV-A, por lo que sus emisiones dañan poco el ADN y no son eficientes para inactivar virus, aunque sí podrían dañar la piel de un usuario descuidado.

Rayos solares y Covid-19

Exponerse al calor de los rayos solares no disminuye el riesgo de infección por el coronavirus SARS-CoV-2, ni están en menor peligro de contraer la Covid-19 quienes viven en climas cálidos y soleados. Como es sabido, la exposición repetida y en condiciones inapropiadas al sol daña en forma irreversible la piel y puede conducir a que, en edad avanzada, aparezcan en ella lesiones cancerosas. Pero la exposición insuficiente tiene también efectos adversos, en particular la baja producción de vitamina D por parte del organismo.

La vitamina D, junto con el calcio, tiene un importante cometido en la renovación del tejido óseo o metabolismo de los huesos, y tiene también efectos beneficiosos en el sistema inmune. Existen evidencias de que ha tenido un efecto de protección en infecciones agudas del tracto respiratorio causadas por otros agentes patógenos y ya se han dado a conocer casos de enfermos de Covid-19 con severas carencias de vitamina D que mostraron una peor evolución en comparación con aquellos libres de tales carencias.

La vitamina D podría ser una ayuda para controlar esas respuestas. De hecho, ya ha sido demostrado en otras patologías que la suplementación de los pacientes con vitamina D tiene efectos positivos. Por otro lado, se han publicado recientemente estudios que muestran que los pacientes que presentan deficiencias severas de vitamina D muestran una peor evolución frente al SARS-CoV-2. El rol exacto de esta vitamina en el control de la patología y la posibilidad consecuente de utilizarla como terapia son temas de estudio actuales tanto en nuestro país como en el resto del mundo. CH

El autor agradece a Julieta Alcain y Carolina Lorente su ayuda para escribir este artículo.

LECTURAS SUGERIDAS

DOWNES A & BLUNT TP, 1877, 'Researches on the effect of light upon bacteria and other organisms', *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 26: 488-500.

RASTOGI RP *et al.*, 2010, 'Molecular mechanisms of ultraviolet radiation-induced DNA damage and repair', *Journal of Nucleic Acids*, 592980. Accesible en *pubmed. ncbi.nlm.nih.gov/21209706/*

REED NG, 2010, 'The History of ultraviolet germicidal irradiation for air disinfection', *Public Health Reports*, 125, 1: 15-27. Accesible en *www.ncbi.nlm.nih.gov/ pmc/articles/PMC2789813/*

Daniel González Maglio
Doctor en inmunología, UBA.
Profesor adjunto, Facultad de Farmacia y Bioquímica, UBA.
Investigador independiente del Conicet en el IDEHU.
danielgm@ffyb.uba.ar

Pablo E Penchaszadeh, Guido Pastorino y Mariano Martínez
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Conicet

Patricia Miloslavich
University of Tasmania, Hobart

Caracoles, esponjas y... ¿coronavirus?

Una investigación de biología marina relatada por sus autores.

Durante varias campañas oceanográficas que realizó en la temporada 2016-2017 el buque oceanográfico *Puerto Deseado*, del Conicet, investigadores del Museo Argentino de Ciencias Naturales recolectaron diversas especies de organismos de fondos marinos en las cercanías del banco Namuncurá-Burdwood, un área oceánica protegida situada a unos 150km al este de la isla de los Estados, Tierra del Fuego, y a unos 200km al sur de las Malvinas. Entre esas muestras, recogidas mediante distintas artes de pesca, estuvieron los dos protagonistas de esta historia: el caracol de espinas blandas proteicas *Americominella longisetosa*, que vive en profundidades de hasta 1250m frente a las costas argentinas y mide hasta 10cm de largo, y la esponja marina más común del Atlántico suroccidental, *Mycale magellanica*, que habita también en aguas antárticas.

Llevados los materiales al laboratorio, se advirtió la presencia de 35 ovicápsulas transparentes esferoidales en dos ejemplares de la esponja, recogidos respectivamente de 185 y 300m de profundidad. Tenían unos 10mm de diámetro y estaban repletas de huevos microscópicos. En otras cápsulas vieron, además, embriones de caracol en grados de desarrollo que iban desde estadios tempranos hasta juveniles bien formados y listos para eclosionar. Un único embrión se desarrolla en cada ovicápsula alimentándose del resto de los huevos, que no son viables.

Las ovicápsulas de este caracol presentan una pared sumamente delgada, de cerca de 30 micrómetros, lo que es muy poco frecuente en la familia *Buccinidae* a la cual pertenecen esos caracoles. De hecho, ovicápsulas de paredes muy delgadas son características de especies de caracoles con cuidado o incubación maternal. La postura

¿DE QUÉ SE TRATA?

Un caso interesante de interacción entre caracoles y esponjas que habitan las profundidades del Atlántico suroccidental.

Arriba. Caracol de espinas blandas adulto *Americominella longisetosa* (longitud 10cm). **Abajo.** Juvenil de caracol de unos 10mm de largo en el momento de la eclosión (izquierda), y fragmento de la esponja marina *Mycale magellanica* conteniendo las ovicápsulas de *Americominella longisetosa*.

de las ovicápsulas dentro de la esponja sería, en consecuencia, una adaptación exitosa contra predadores.

Al crecer, la esponja va rodeando a la ovicápsula con una cobertura que incluye pequeñas estructuras silíceas llamadas *espículas*, las cuales forman una suerte de esqueleto. Además de esa protección mecánica, la esponja podría también brindar a los huevos de caracol una defensa química.

Las esponjas –invertebrados carentes de tejidos y de órganos– se consideran animales muy primitivos en la escala zoológica. No tienen capacidad de defensa mecánica y han evolucionado durante cientos de millones de años: el fósil más antiguo de esponja data de hace 650 millones de años. En su larga historia han llegado a la capacidad de producir una enorme variedad de compuestos que les confieren una notable capacidad de defensa química. Así, para el género *Mycale*, y especialmente para la especie que nos ocupa, se han identificado, entre otras, unas sustancias tóxicas denominadas mycalolides, que previenen la colonización de la esponja por bacterias y tendrían un importante cometido en su defensa contra los predadores. De esta manera, las ovicápsulas del caracol dentro de la esponja y bajo una cobertura con espículas tendrían mayor protección que las puestas desnudas sobre conchas o rocas, y podrían también beneficiarse de protección química por compuestos elaborados por la esponja.

Las esponjas marinas son, al decir de los químicos, una mina de oro de compuestos con propiedades terapéuticas para humanos. Se han descubierto en ellas Ara-A (con actividad contra el virus herpes simple o VHS), avarol y micalamidas A y B (contra el VIH-1), y calciceramidas (contra el virus de la influenza). La lista incluye unos 6000 compuestos entre los que hay alcaloides, esteroides, terpenoides, macrólidos, péptidos cíclicos, ésteres de ácidos grasos y poliéteres. En 2011 se dio a conocer un etil-éster aislado de la esponja brasileña *Axinella corrugata*, que sería activo contra el coronavirus causante del SARS. Asimismo se descubrieron en otras esponjas compuestos que inhiben en 100% los virus del herpes, la poliomielitis, la leucemia felina, la influenza y otros tipos de coronavirus.

Podemos transformar esa mina de oro en conocimiento aplicable mediante adecuados programas de investigación científica, llevados a cabo en forma sostenida en el tiempo por equipos interdisciplinarios. Tal vez el caracol *Americominella longisetosa*, al escoger a la esponja *Mycale magellanica* y no a otra de las más de doscientas especies de esponjas que habitan el Atlántico suroccidental, esté dando una señal que deberíamos aprovechar. CH

LECTURAS SUGERIDAS

MATSUNAGA, S *et al.*,1998, 'New micaloides from the marine sponge *Mycale magellanica* and their interconversion', *Journal of Natural Products*, 611: 1164-1167.

MAYER, A *et al.*, 2011, 'Marine pharmacology in 2007-8: Marine compounds with antibacterial, anticoagulant, antifungal, anti-imflamatory, antimalarial, antiprotozoal, antituberculosis and antiviral activities; affecting the immune and nervous system, and other miscellaneous mechanisms of action', *Comparative Biochemistry and Physiology C. Toxicology & Pharmacology*, 153 (2): 191-222.

PENCHASZADEH PE *et al.*, 2019, 'Spawn and development of the gastropod *Americominella longisetosa* from the Southwestern Atlantic deep sea', *Deep Sea Research*, 1 (143): 43-49. DOI *org/10.1016/j.dsr.2018.11.011*

CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Aprueban el uso de un nuevo test rápido y económico de diagnóstico molecular de Covid-19

Científicos del CONICET lideraron el desarrollo que está enmarcado en la Unidad Coronavirus Covid-19, creada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, el CONICET y la Agencia I+D+i.

Por **Miguel Faigón**

La Administración Nacional de Medicamentos Alimento y Tecnología Médica (ANMAT) validó el uso de ***NEOKIT-Covid-19***, un nuevo kit de diagnóstico de Covid-19 -de bajo costo y fácil de maniobrar- que permite indicar en menos de dos horas, a partir de una muestra respiratoria, si una persona está o no infectada por el Coronavirus SARS-CoV-2.

El proyecto está enmarcado dentro de la Unidad Coronavirus Covid-19 creada en conjunto por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, el CONICET y la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (Agencia I+D+i).

El test fue desarrollado por científicos del CONICET en el Instituto de Ciencia y Tecnología César Milstein (ICT Milstein, CONICET-Fundación Pablo Cassará), bajo la coordinación del investigador Adrián Vojnov, en asociación con la empresa NEOKIT SAS, formada sobre la base de un Consorcio Público-Privado (CAPP) entre el CONICET y el Laboratorio Pablo Cassará S.R.L.

Otra demostración de la capacidad de los científicos argentinos

El anuncio fuera realizado esta tarde por el presidente de la Nación, Alberto Fernández, en una conferencia de prensa en Olivos junto a los ministros de Ciencia, Tecnología e Innovación, Roberto Salvarezza, y de Salud, Ginés González García. También estuvieron presentes, la presidenta del CONICET, Ana Franchi, Adrián Vojnov y Carolina Carrillo, otra de las investigadoras del CONICET en el ICT Milstein que participó del desarrollo.

Adrián Vojnov y Carolina Carrillo junto con Alberto Fernández, Ana Franchi, Roberto Salvarezza y Ginés González García.

"Esto nos permite enfrentar el control de la pandemia de otro modo. Estoy feliz que lo hayan hecho científicos argentinos. Tenemos la mejor calidad humana científica para ofrecer respuestas. Es tan importante para el desarrollo de un país, no dependemos de otros, esto es soberanía. Somos capaces de hacer esto. Por eso es importante la ciencia", afirmó Alberto Fernández.

También las autoridades del área de Ciencia Y Tecnología expresaron su satisfacción por este nuevo logro de la ciencia argentina.

"Nuevamente queremos destacar nuestro orgullo y reconocimiento por el trabajo de investigación emprendido por el doctor Adrián Vojnov, del Instituto de Ciencia y Tecnología Milstein. Este nuevo kit de detección del virus -de forma rápida y segura- es el resultado de una tarea en equipo y del compromiso con el que la comunidad científica en general, y el CONICET en particular han asumido este desafío", señaló Franchi.

Por su parte, Roberto Salvarezza, manifestó: "Es otra demostración de la capacidad de nuestros científicos en responder a las necesidades y urgencias de los argentinos. Hace menos de dos meses decidimos enfrentar con ciencia y la tecnología la llegada de la pandemia a nuestro país. Hoy ya tenemos desarrollos que no solo permiten diseñar nuevas estrategias para el control de la enfermedad, sino también que proveen de mayor soberanía tecnológica a la Argentina".

Un método de diagnóstico molecular rápido y precoz

Dada la abundante cantidad de información en torno a los llamados 'tests rápidos' que circuló en los últimos días, focalizada muchas veces en la velocidad con la que ofrecen una respuesta positiva o negativa, parece importante hacer hincapié en algunas cuestiones sobre las tecnologías de base de los diferentes métodos de diagnóstico.

El SARS-CoV-2, al igual que otros virus respiratorios, puede diagnosticarse a través de métodos directos e indirectos. Mientras los directos apuntan a detectar el **material genético del virus** en muestras respiratorias, los indirectos reconocen la presencia de **anticuerpos específicos** contra este virus (que forman parte de la respuesta del sistema inmune al mismo) en la sangre de los pacientes. Esto va más allá de cuánto tiempo demoren en ofrecer resultados.

Izquierda: Luciana Larocca trabaja en el laboratorio. **Derecha:** Adrían Vojnov, Luciana Larocca, Santiago Werbajh y Carolina Carrillo. Fotos: gentileza MINCyT.

"A nosotros nos gusta destacar que este test además de ser rápido, por lo poco que demoran en aparecer los resultados, es precoz, debido a que permiten diagnosticar la infección al poco tiempo de que la carga viral ingresó al organismo. Los tests serológicos requieren que se comience a producir anticuerpos, algo que ocurre recién varios días después", explica Carolina Carrillo.

NEOKIT-Covid-19, al igual que la **retrotranscripción seguida por reacción en cadena de la polimerasa** (RT-PCR, por sus siglas en inglés) -técnica de testeo usada por el Instituto ANLIS/ Malbrán y los centros descentralizados-, está basado en una tecnología molecular de detección directa que permite identificar en una muestra de ARN distintas regiones de la secuencia del genoma del SARS-COV-2 (las cuales se expresan en secuencias de ARN).

La tecnología en la que se basa el funcionamiento de los nuevos kits de diagnóstico es conocida como **amplificación isotérmica mediada por bucle** (LAMP, por sus siglas en inglés) y, al igual que RT-PCR, funciona bajo el principio de multiplicar el número de copias de un determinado fragmento de ADN o ARN (que en este caso se aísla de la muestra respiratoria extraída al paciente). La gran diferencia es que toda la reacción tiene lugar bajo una misma temperatura por lo que no se requiere un termociclador.

Un procedimiento sencillo

"La ventaja del kit que desarrollamos respecto del uso de la técnica RT-PCR es que, si bien tiene su misma sensibilidad y precocidad para detectar la infección, ofrece resultados con mayor velocidad, requiere un equipamiento mucho menos costoso y complejo, es muy sencillo maniobrar y sus resultados son fáciles de interpretar, por lo que no es necesario que lo maneje personal altamente calificado. Además, los reactivos que requiere también son más económicos", explica Vojnov.

El procedimiento para hace el test con *NEOKIT-Covid-19* es sencillo. La muestra de ARN que se quiere analizar deber ser colocada en una solución en la que se mezclan reactivos con colorantes. Luego el tubo debe cerrarse e incubarse a una temperatura de 64 grados durante unos 60 minutos. Si al destaparse la mezcla permanece lila el resultado es negativo, si, en cambio, mutó a azul celeste, el resultado es positivo.

Hasta el momento, el test desarrollado por los científicos del ICT Milstein, del mismo modo que ocurre con la técnica RT-PCR, requiere que previamente se aísle o purifique el material genético a analizar (ARN viral) presente en la **muestra respiratoria cruda** extraída al paciente. Este procedimiento, aunque es relativamente sencillo y no toma demasiado tiempo, necesita de un laboratorio con cabinas de bioseguridad -dado que al momento de tomarse la muestra el virus todavía permanece activo- y personal calificado para llevarlo adelante.

"Ahora trabajamos en buscar la forma de evitar el paso de tener que purificar el ARN, reemplazándolo por un tratamiento sencillo de la muestra respiratoria -en este caso, tomada mediante un hisopado bucal- que lo pueda hacer, sin poner en riesgo su salud, cualquier persona con un poco de entrenamiento, aunque aún sería necesario el uso de algún tipo de cabina de bioseguridad", señala Vojnov.

"Tenemos evidencia de que eso es posible, pero antes tenemos que ponerlo a prueba en el laboratorio y luego hacerlo validar por el ente regulador", asegura Carrillo.

Un test sensible y a la vez específico

NEOKIT-Covid-19 no sólo ofrece un alto grado de sensibilidad, lo que reduce la posibilidad de que arroje falsos negativos, sino también de especificidad, lo que minimiza la probabilidad de que se den falsos positivos.

Esto se debe a que el test fue diseñado para poder identificar cuatro regiones diferentes de la secuencia del genoma del SARS-CoV-2, que a la vez son específicas de este virus. La tarea de identificar estas regiones en base a las secuencias que se conocen del SARS-CoV-2 y asegurarse al mismo tiempo de que no se cruzaran con las de organismos similares, como las de otros Coronavirus, estuvo a cargo de Santiago Werbajh, investigador de la Fundación Pablo Cassará.

La importancia de tener un respaldo público

"Es importante destacar que este trabajo fue posible gracias al apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el CONICET. Para nosotros como investigadores es fundamental contar con el respaldo de una estructura pública", concluye Carrillo.

Del trabajo también participaron las investigadoras del CONICET en el ICT-Milstein, Luciana Larocca y Fabiana Stolowicz. ■

"COVIDAR IgG"

Investigadores argentinos logran desarrollar el primer test serológico del país para el nuevo coronavirus SARS-CoV-2

El test "COVIDAR IgG", cuyo desarrollo fue liderado por científicos del CONICET y del Instituto Leloir, fue validado con 5000 análisis en distintos centros de salud con excelentes resultados. Fue registrado en ANMAT y ahora está en etapa de producción: se podrían realizar 10 mil pruebas por semana y escalarlo a medio millón en el término de un mes.

En el marco de las acciones que el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MINCyT), el CONICET y la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación, llevan a cabo a través de la "Unidad Coronavirus Covid-19", científicos del CONICET y de la Fundación Instituto Leloir (FIL) lideraron, en un tiempo récord de 45 días, el desarrollo de "COVIDAR IgG", un test serológico que a partir del análisis de muestras de sangre o de suero permite determinar si una persona tiene anticuerpos contra el nuevo coronavirus SARS-CoV-2. El mismo arroja resultados en un par de horas y, entre otros fines, puede servir para evaluar la evolución de la pandemia de Covid-19 en poblaciones.

"Que Argentina pueda realizar sus propios tests es una muestra de soberanía sanitaria, de soberanía científico tecnológica y un ejemplo de la capacidad que tienen los científicos de nuestro país, que, en 45 días, pudieron desarrollar un producto 100% nacional. Esta situación pone de relieve que con buenas políticas es posible hacer foco, articular y estructurar el sistema de ciencia en torno a la resolución o a la atención de problemas que puede tener nuestro país", afirmó el Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación, Roberto Salvarezza.

Asimismo, la presidenta del CONICET, Ana Franchi, destacó que: "El desarrollo de este kit diagnóstico es un orgullo para todos los investigadores y todas las investigadoras de la Argentina, y para el CONICET en particular. En muy poco tiempo y con un gran esfuerzo, Gamarnik y su equipo desarrollaron "COVIDAR IgG", lo que demuestra una vez más la capacidad y la excelencia de la comunidad científica argentina".

Andrea Gamarnik, Marcelo Yanovsky, Julio Caramelo, Guadalupe Costa Navarro, Diego Ojeda, Horacio Martín Pallarés, María Mora González López Ledesma y Diego Álvarez Foto: gentileza FIL.

Por su parte, la investigadora del CONICET, jefa del Laboratorio de Virología Molecular de la FIL y una de las líderes del proyecto, Andrea Gamarnik, aseguró que "hasta ahora se realizaron cerca de 5000 determinaciones en distintos centros de salud con excelentes resultados. Están dadas las condiciones para ofrecer de inmediato una producción de 10.000 determinaciones por semana que podría escalarse a medio millón en el término de un mes".

El nuevo test, que ya fue registrado en ANMAT, organismo regulatorio de medicamentos, alimentos y tecnología médica a nivel nacional, se aplicó a muestras de suero de pacientes internados confirmados o con sospecha de Covid-19 provenientes de siete hospitales y centros de salud de la Ciudad de Buenos Aires.

El test "COVIDAR IgG", que se pone a disposición de las autoridades nacionales, incluyendo el Ministerio de Salud, detecta en sangre y suero anticuerpos que el sistema inmune produce específicamente para el nuevo coronavirus. Si el resultado es positivo significa que la persona testeada estuvo cursando la infección o que lo está haciendo. El mismo se realiza en placas que permiten testear 96 sueros a la vez mediante la técnica que se conoce con el nombre de ELISA, la misma que se utiliza, por ejemplo, para la detección de la infección por VIH y hepatitis B.

Los tests serológicos, como COVIDAR IgG, no se emplean para un diagnóstico temprano, porque para ese fin se utilizan los ensayos de PCR que detectan directamente al virus. "Los anticuerpos pueden detectarse en suero o plasma de personas con sospecha de Covid-19 generalmente a partir de los 7 días del comienzo de síntomas,

aunque pueden aparecer antes o después. Y luego persisten por períodos prolongados, incluso cuando la persona ya se ha curado. Por este motivo, los tests serológicos son de gran utilidad para evaluar la extensión de la pandemia en la población, dado que permiten detectar casos asintomáticos que han pasado desapercibidos", explicó Julio Caramelo, jefe de laboratorio de la FIL e investigador del CONICET.

Todavía no se sabe lo suficiente respecto de cómo se producen los anticuerpos durante el curso de la enfermedad. "Por esto es muy valioso contar con un test serológico que permita generar esta información. Los datos que se obtienen pueden ser complementarios a los estudios por PCR y puede dar información adicional, ya que cuando el virus deja de circular y el ensayo de PCR se torna negativo, los anticuerpos se siguen detectando en circulación", puntualizó Marcelo Yanovsky, jefe de laboratorio de la FIL e investigador del CONICET.

Acceso rápido y menor costo

Además de brindar acceso rápido, el desarrollo local tendrá un costo significativamente menor a los kits de Estados Unidos o de Europa. "Traer los kits serológicos del exterior a nuestro país también tiene un costo adicional. Nuestro objetivo es producir miles de placas y ponerlas al servicio de las autoridades de Salud sin un fin comercial", indicó Diego Álvarez, quien también participa del proyecto y se desempeña como investigador del CONICET en la Universidad Nacional de San Martín.

De acuerdo con Jorge Geffner, investigador del CONICET y profesor titular de Inmunología en la Facultad de Medicina de la UBA, este test "es realmente excelente. Nosotros realizamos un primer estudio testeando la presencia de anticuerpos IgG anti-SARS-CoV-2 en personal de salud de dos hospitales de la Ciudad de Buenos Aires, en pacientes convalecientes, con diagnóstico confirmado por PCR de infección por SARS-CoV-2 y en individuos controles, no infectados. La sensibilidad del método demostró ser excelente, como también su especificidad y reproducibilidad". Y agregó: "Considero que es una herramienta sumamente útil para estudios de seroprevalencia en diferentes entornos: personal de salud, residencias de mayores y testeos poblacionales".

Por su parte Marcela Echavarría, investigadora del CONICET y vicedirectora de la Unidad de Virología Clínica del CEMIC, y colegas procesaron más de 80 muestras en duplicado de diferentes pacientes, con y sin Covid-19, con el test serológico COVIDAR IgG. "La reproducibilidad fue excelente. La sensibilidad y especificidad fue muy alta. Esta herramienta será importante para ampliar el conocimiento de la cinética de anticuerpos de pacientes COVID positivos y para documentar la presencia de anticuerpos en plasma de convaleciente a fin de ser utilizado como tratamiento en pacientes graves", puntualizó.

Asimismo, los investigadores están desarrollando una base de datos centralizada para el análisis de resultados serológicos de todo el país. La misma tendrá entradas desde los centros de salud que alimentarán una única central que estará a disposición de las autoridades nacionales.

"Lo que se pone de manifiesto en este estado de emergencia es el capital humano que tiene el CONICET, científicos capacitados para resolver problemas. En nuestro laboratorio nunca desarrollamos ensayos serológicos ni trabajamos en coronavirus ni en virus respiratorios. Sin embargo, tenemos una formación que nos permite abordar problemas de virología y resolverlos. Tenemos criterio y experiencia, algo que no se compra de un día para otro, lleva muchos años de formación. Este es el fruto de la inversión del CONICET para generar recursos humanos", destacó Gamarnik.

"Con la conformación de la Unidad Coronavirus Covid-19 estamos poniendo a disposición todas las capacidades de desarrollo de proyectos tecnológicos, recursos humanos, infraestructura y equipamiento que puedan ser requeridas para realizar tareas de diagnóstico e investigación sobre Coronavirus Covid-19", finalizó Salvarezza.

Los creadores de "COVIDAR IgG": Andrea Gamarnik, Marcelo Yanovsky, Julio Caramelo, Guadalupe Costa Navarro, Diego Ojeda, Horacio Martín Pallarés y María Mora González López Ledesma, del CONICET y del Instituto Leloir, Diego Álvarez, del CONICET y de la Universidad Nacional de San Martín, y Jorge Carradori, Director Técnico del Laboratorio Lemos. ■

El test serológico "COVIDAR IgG". Foto: gentileza FIL.

Andrea Gamarnik. Foto: gentileza FIL.

Daniela Gutiérrez Flores
Universidad de Chicago

Dietas transatlánticas
El descubrimiento europeo de los alimentos americanos

La concepción occidental de la dieta en el siglo XV

En 1493, tras su segundo viaje al continente americano tan solo un año después de su llegada inicial al Caribe, Cristóbal Colón se halló en la incómoda necesidad de justificar ante la Corona el poco oro que hasta entonces había enviado a España. La razón, según el almirante, era que la población de colonos que se había asentado en la isla había caído 'súbitamente doliente'. La mayor parte de sus hombres se encontraba en precarias condiciones de salud para emprender las exploraciones tierra dentro y enfrentar los peligros que las acompañaban. Un recurso era urgente para cumplir cabalmente con la promesa de oro que había hecho a los reyes católicos e incluso para asegurar el proyecto colonial: la provisión suficiente de alimentos de la dieta europea. En tierras extrañas, el trigo, tocino, carnero y el omnipresente vino aliviarían el estado 'desbaratado' de sus hombres y garantizarían así el éxito de su empresa.

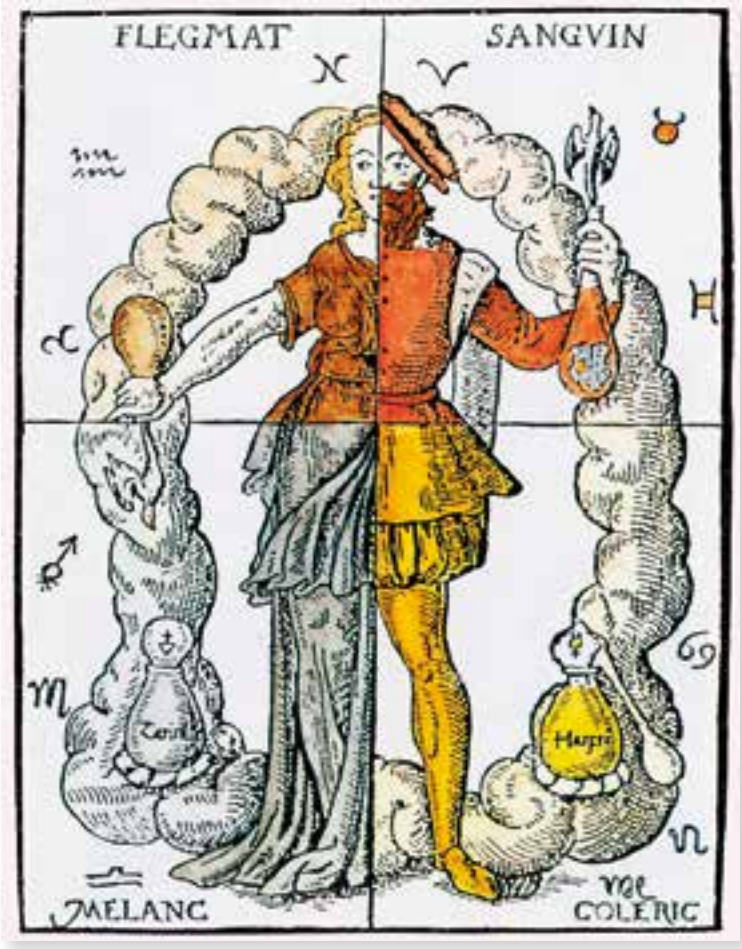
Para entender la urgencia de esta petición es preciso referirnos brevemente a la doctrina de los cuatro humores del cuerpo humano que imperaba en la Edad Moderna, cuyos lineamientos originales se remontaban a Hipócrates (*ca.* 460-370 a.C.), considerado el padre de la ciencia médica occidental. Según dicha concepción, el cuerpo se regía por cuatro humores (sangre, bilis amarilla, flema y bilis negra) que debían mantenerse en equilibrio para mantener la salud. A ellos les corres-

¿DE QUÉ SE TRATA?

La lectura de una obra del siglo XVI, *Historia general y natural de las Indias*, del militar, funcionario y cronista Gonzalo Fernández de Oviedo (1478-1557), proporciona claves para entender la respuesta europea ante alimentos americanos como el maíz y los ajíes, tratados en esta nota, y por extensión otros igualmente importantes, como la papa, el tomate o el cacao.

pondía respectivamente regular las cualidades de calor, frío, humedad y sequedad, que se veían afectadas por factores del ambiente, la actividad física y, por supuesto, la alimentación. Este último punto sería enfatizado por otro de los padres de la medicina europea, Galeno de Pérgamo (129-210). Aunque sus lineamientos teóricos y prácticos fueron crecientemente cuestionados durante el Renacimiento, Galeno constituía la máxima autoridad en materia médica.

Las propiedades de los alimentos y sus capacidades terapéuticas se entendían también en el marco del sistema humoral. Es decir, a cada alimento le correspondían cualidades capaces de contrarrestar los desequilibrios de una persona. Por ejemplo, las mujeres, de naturaleza intrínsecamente húmeda y caliente, debían moderar los alimentos que así lo fueran (como la carne) y priorizar en cambio el consumo de los secos y fríos, como el vinagre. A cada vegetal, fruta o producto animal se le atribuía la facultad de afectar la constitución interna del cuerpo. Esta concepción tenía también una faceta



Representación de la doctrina de los cuatro humores. Grabado de Leonhard Thurneysser zum Thurn, *Quinta Essentia*, Leipzig, 1574.

Portada de la edición de 1535 de la *Historia general de las Indias* de Gonzalo Fernández de Oviedo, publicada en Sevilla.

cromática; es decir, el color de un alimento daba pistas sobre sus características humorales; por ejemplo, el vino blanco se consideraba frío, mientras el tinto era visto como caliente. La asociación del ají rojo (*Capiscum annuum*) con lo caliente y lo picante, y la idea de exaltar los sentidos bien podrían tener sus raíces en esta concepción del mundo natural. Según la doctrina humoral, la dieta no era sino una combinación de elementos diseñada con el propósito de responder a los desequilibrios particulares del individuo.

El modelo humoral suponía que el cuerpo humano era vulnerable a factores externos, cuya naturaleza misma era mudable. Más allá de que Colón urgiera a la Corona el suministro de alimentos europeos por temor al deterioro de la salud de sus hombres, su preocupación por hacerles seguir la dieta española sugería que intentaba diferenciar a los cristianos europeos de las poblaciones americanas. En otras palabras, consumir productos americanos y abandonar los europeos podía encerrar el riesgo de asemejarse corporalmente a los sujetos que los españoles buscaban colonizar.

Gonzalo Fernández de Oviedo y su *Historia general y natural de las Indias*

La doctrina humoral era un sistema flexible para interpretar el mundo natural. Al descubrir la inmensa variedad de productos comestibles del nuevo continente, los españoles se abocaron a clasificar alimentos totalmente ajenos a su experiencia. En ese contexto surgieron la 'historias generales', que realizaron inventarios y descripciones de corte enciclopédico del mundo americano en el marco epistemológico europeo. Los frailes franciscanos Bernardino de Sahagún (1499-1590) y Toribio de Benavente (1484-1569), más conocido por Motolinía, el jesuita José de Acosta (1540-1600) y el militar, funcionario y cronista Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdés (1478-1557), entre otros, pretendieron escribir historias comprehensivas de las Indias, e incluyeron en ellas desde las costumbres religiosas de sus habitantes hasta descripciones de los entornos naturales.

Los objetivos de estos textos, escritos en su mayoría por religiosos, eran variados: conocer y extirpar prácticas idólatras, recopilar información útil para la evangelización y colonización, salvaguardar conocimiento indígena amenazado por las pandemias y matanzas, divulgar por Europa las riquezas del imperio español y resaltar el potencial comercial que prometían las nuevas colonias. Los capítulos de historia natural contienen extensas disertaciones sobre los alimentos americanos, sus formas de cultivo y su consumo; más allá de una valoración puramente comercial, revelan desavenencias culturales sobre la comida, el sustento básico del cuerpo humano.

Pitaya (*Stenocereus* sp.).

Ilustración de una pitaya (*Stenocereus* sp.) en el libro de Fernández de Oviedo, quien compara los frutos de esas cactáceas con higos (*Ficus carica*), por las pequeñas semillas que hay en su pulpa.

Una de las primeras historias generales del Nuevo Mundo fue la escrita entre 1535 y 1557 por Fernández de Oviedo, designado por Carlos V cronista oficial. Oviedo, nacido en Madrid, de ascendencia asturiana, fue un personaje multifacético: un hombre de letras que actuó en la función pública tanto en Europa como en América, y un militar que se distinguió al servicio de varias cortes europeas. En América, donde estuvo en seis ocasiones, fue veedor de fundiciones de oro, escribano real, gobernador del Darién, alcalde y regidor perpetuo de Santo Domingo. Su *Historia general y natural de las Indias* es un ejemplo paradigmático de cómo los europeos entendieron la realidad natural –y comestible– del continente americano.

En el prólogo de su obra, Oviedo insistió en que escribía no con la autoridad del historiador o experto, sino con la certeza del testigo ocular, y que su experiencia vivencial sustentaba la verdad de sus registros. Recopiló metódicamente un amplio acervo de conocimiento sobre plantas, frutos y animales autóctonos, así como sobre métodos de cultivo y prácticas sociales. Para pre-

sentar este mundo nuevo a sus lectores, hizo conexiones con alimentos, hierbas y frutos de Europa y Asia, familiares para el público europeo, y se refirió a sus colores, sabores, texturas y tamaños. Así, por ejemplo, comparó el mamey (*Pouteria sapota*) con las castañas (*Aesculus hippocastanum*), y las pitayas (*Hylocereus undatus*), que son los frutos de ciertas cactáceas, con los higos (*Ficus carica*). La obra abunda en símiles como estos, que postulan una continuidad entre el mundo natural de ambos lados del Atlántico.

Las propiedades y sabores de los nuevos alimentos

Oviedo incluye pocas referencias explícitas a las cualidades humorales de los elementos que describe. No era médico, y su texto no es un tratado, por lo que se limitó a descripciones experienciales. No obstante, su obra resultó fundamental para botánicos y médicos humanistas que, sin la posibilidad de cruzar el océano, la utilizaron como marco de referencia. Y aunque Oviedo no se aventurara a incursionar en el discurso médico, sus comparaciones inevitablemente situaban a los alimentos en el sistema humoral.

Un ejemplo notorio de ello es el mencionado ají o chile, 'la pimienta de los indios', del que Oviedo describió dos aspectos. El primero se relaciona con la medicina humoral: indicó que da calor al estómago y 'es cosa muy saludable, en especial en el tiempo del invierno'. Como la pimienta, el ají servía para contrarrestar los alimentos fríos. El segundo aspecto que comenta Oviedo, de carácter estético-culinario, es que los españoles no lo consumían como alimento central –algo que hacían muchos grupos nativos– sino como condimento de carnes, pescados y caldos. Señaló que un exceso de ají era no solo nocivo para la salud, sino indeseable para el paladar español, por lo que debía usarse con moderación.

El encuentro con nuevos alimentos significó también la exploración de un cuerpo de conocimientos autóctonos acerca del entorno natural. Las técnicas agrícolas de los indígenas fueron fundamentales para que los españoles determinaran las propiedades medicinales, mercantiles y alimenticias de los productos, incluso si eran o no eran comestibles. Para Oviedo, la sabiduría de los americanos era valiosa por estar sustentada en siglos de experiencia. Frente a una realidad radicalmente nueva, los españoles necesariamente recurrieron al conocimiento de los nativos para sobrevivir, adaptarse y, finalmente, explotar los recursos del nuevo continente. De otra manera, por ejemplo, no habrían sabido que el consumo de yuca o mandioca (*Manihot esculenta*) cruda era letal o que las raíces de ciertos árboles, como el jobo (*Spondias mombin*), contenían suficiente agua como para saciar la sed en casos de escasez extrema.

La españolización del maíz

Fueron muchos los alimentos americanos que despertaron fascinación y extrañamiento entre los colonizadores europeos. Algunos les planteaban un dilema particularmente complejo, porque si bien tenían propiedades alimenticias o curativas, también eran centrales en celebraciones religiosas de los nativos. El maíz (*Zea mays*) y el amaranto (*Amaranthus sp.*), fundamentales en la dieta mesoamericana, se utilizaban asimismo como ofrendas en ceremonias o ritos religiosos indígenas. El maíz es un ejemplo especialmente rico por las contradicciones que encarnó su consumo.

Mamey o zapote (*Pouteria sapota*).

Yuca (*Manihot esculenta*), también llamada mandioca o casava, alimento fundamental en la dieta de diversos grupos indígenas del Caribe.

Maíz. Museo Nacional de Antropología, México.

Las connotaciones religiosas de ciertos alimentos preocuparon a los españoles sobre todo durante las primeras décadas de la colonización, cuando los productos europeos eran más escasos. Desde el inicio, los colonizadores equipararon el maíz con el trigo por su centralidad en la vida diaria de la población americana. Además de ser indispensable para la supervivencia de los europeos, fue clave para la alimentación del ganado traído de España y para la de los esclavos. Oviedo proporciona una detallada descripción de los métodos agrícolas que los españoles aprendieron de los indios, y de las maneras en que presuntamente los mejoraron con el uso de arados del Viejo Mundo.

Al mismo tiempo que adaptaron las técnicas nativas de cosecha de maíz, modificaron su preparación según sus gustos culinarios y estéticos. De acuerdo con el testimonio de Oviedo, los alimentos preparados con maíz tenían color y textura desagradables, aunque su sabor no era malo. También sostuvo que el consumo de pan de maíz oscurecía la dentadura de los indígenas y le daba un aspecto repulsivo. Los españoles, en consecuencia, comenzaron a cocer el maíz en hornos a la manera del trigo y a preparar con él roscas, tortas y bizcochos, algo más conforme con el gusto mediterráneo. Es probable que el producto final fuera el blanqueamiento del grano, cuyo pan adquiriría así un color más cercano al de pan de trigo.

El gusto por el pan blanco es más complejo de lo que parece a primera vista. En la temprana modernidad, se lo consideraba el mejor en calidad y sabor, y era consumido por la nobleza, mientras el pan de color oscuro, como el de centeno, se asociaba con las clases bajas. La blancura, asimismo, evocaba el pan eucarístico, que fue sustancial en el proceso de evangelización, y sin duda tenía también connotaciones raciales. De la misma manera, llamar pan a los alimentos de maíz sugiere un intento por replicar sus características, incluido su color.

Conclusiones

La conquista y colonización de América es un fenómeno histórico que dio lugar a un abundante intercambio de alimentos, con las consecuentes transformaciones de la cocina de muchas regiones, incluso, según algunos, del mundo entero. Las historias naturales del siglo XVI resultan así imprescindibles para comprender las consecuencias de la experiencia colonial en su nivel más básico: el del sustento del cuerpo.

Granos de maíz antes (izquierda) y después de ser sometidos a la *nixtamalización*, un proceso que consiste en hervir los granos en agua y cal viva, dejarlos en remojo por algunas horas, y luego lavarlos bien. El nombre proviene de la lengua náhuatl, la más difundida de las lenguas nativas de Mesoamérica.

En la obra de Oviedo hallamos un reconocimiento y un rechazo simultáneos de la sabiduría nativa acerca de lo comestible. Procuró describir la realidad empírica como la observaba para beneficio de un público afincado a miles de kilómetros y, al mismo tiempo, mantener la identidad europea que esa misma realidad ponía en entredicho. No sorprende, entonces, que las historias naturales publicadas en los siglos XVI a XVIII oscilen entre la celebración de la abundancia y la cautela. Esta ambivalencia trascendió las páginas de los libros y se inscribió en los hábitos alimenticios y culinarios de ambos continentes.

De todos los alimentos que encontraron los europeos en América, el maíz está entre los más importantes, junto con la papa, el tomate y el cacao. Modificado por los españoles, llegó pronto a las mesas europeas y, aunque no fue universalmente acogido en el continente, se popularizó en España y en Italia, donde se adaptó a los paladares y las características regionales.

En Mesoamérica, el maíz se consumía después de pasar por un proceso de alcalinización –conocido como *nixtamalización*– por remojo y cocción de los granos en agua con cal o ceniza. Este paso vital del procedimiento culinario mesoamericano se perdió en algún punto del viaje transatlántico y, sin él, el valor nutricional del maíz se vio afectado. En Italia, por ejemplo, en los sectores más pobres de la población, que subsistían mayoritariamente de polenta, sobrevinieron enfermedades alimenticias como la pelagra. En la Argentina existe la idea de que la polenta de maíz es alimento de escaso prestigio social y culinario.

Hoy en México, a pesar de practicarse ampliamente la nixtamalización, los procesos industriales del maíz tienen lejanos ecos de Oviedo, pues aplican decolorantes para blanquear su harina. En años recientes han surgido iniciativas que buscan concientizar sobre los beneficios nutricionales de la nixtamalización, un proceso prehispánico que aún practican tantas comunidades. Así, testimonios como el de Oviedo nos permiten comprender más a fondo las culturas culinarias del presente. Detrás de ellas hay una compleja historia de divergentes concepciones del mundo natural y del cuerpo humano que todavía están muy literalmente sobre la mesa. CH

Afiche político de defensores de los productos autóctonos, también enarbolado por los opositores de alimentos genéticamente modificados. Imagen Polo Castellanos / Brigadas Plásticas.

LECTURAS SUGERIDAS

COE S, 1991, *Las primeras cocinas de América*, Fondo de Cultura Económica, México.

CROSBY A, 2004, *The Columbian Exchange: Biological and cultural consequences of 1492*, Greenwood, Westport. Traducción castellana: *El intercambio transoceánico: consecuencias biológicas y culturales a partir de 1492*, UNAM, México.

EARLE R, 2012, *The Body of the Conquistador: Food, race and the colonial experience in Spanish America*, 1492-1700, Cambridge University Press, Nueva York.

GENTILCORE D, 2016, *Food and Health in Early Modern Europe: Diet, medicine and society 1450-1800*, Bloomsbury, Nueva York.

KRAPOVICKAS A, 2010, 'Las ilustraciones de la *Historia General de Indias* de Gonzalo Fernández de Oviedo', *Bonplandia*, 19, 1: 91-96.

LONG J (ed.), 1996, *Conquista y comida: consecuencias del encuentro de dos mundos*, UNAM, México.

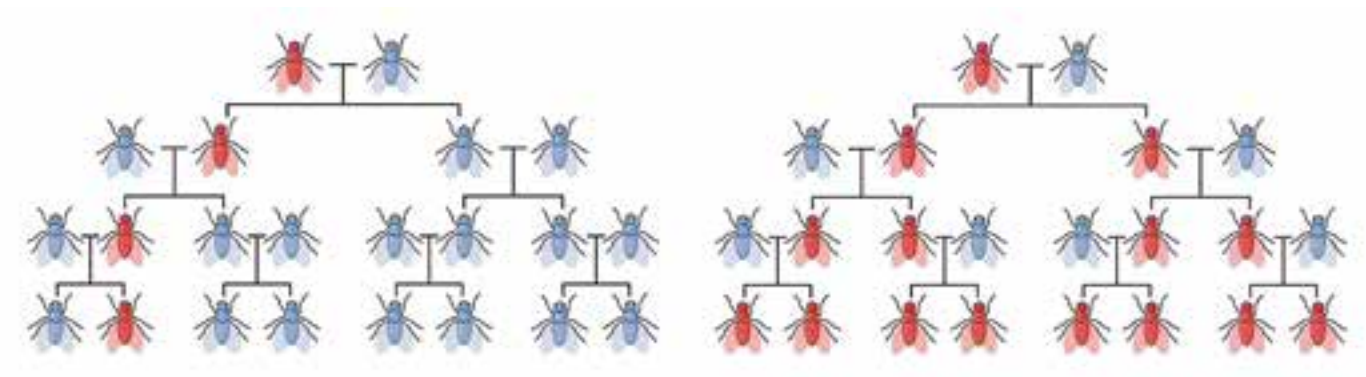
Daniela Gutiérrez Flores
Licenciada en lengua y literatura hispánicas, Instituto Tecnológico de Monterrey.
Doctoranda en estudios hispánicos y luso-brasileños, Universidad de Chicago.
danielagtzf@uchicago.edu

Kevin Esvelt
entrevistado por Omar Coso

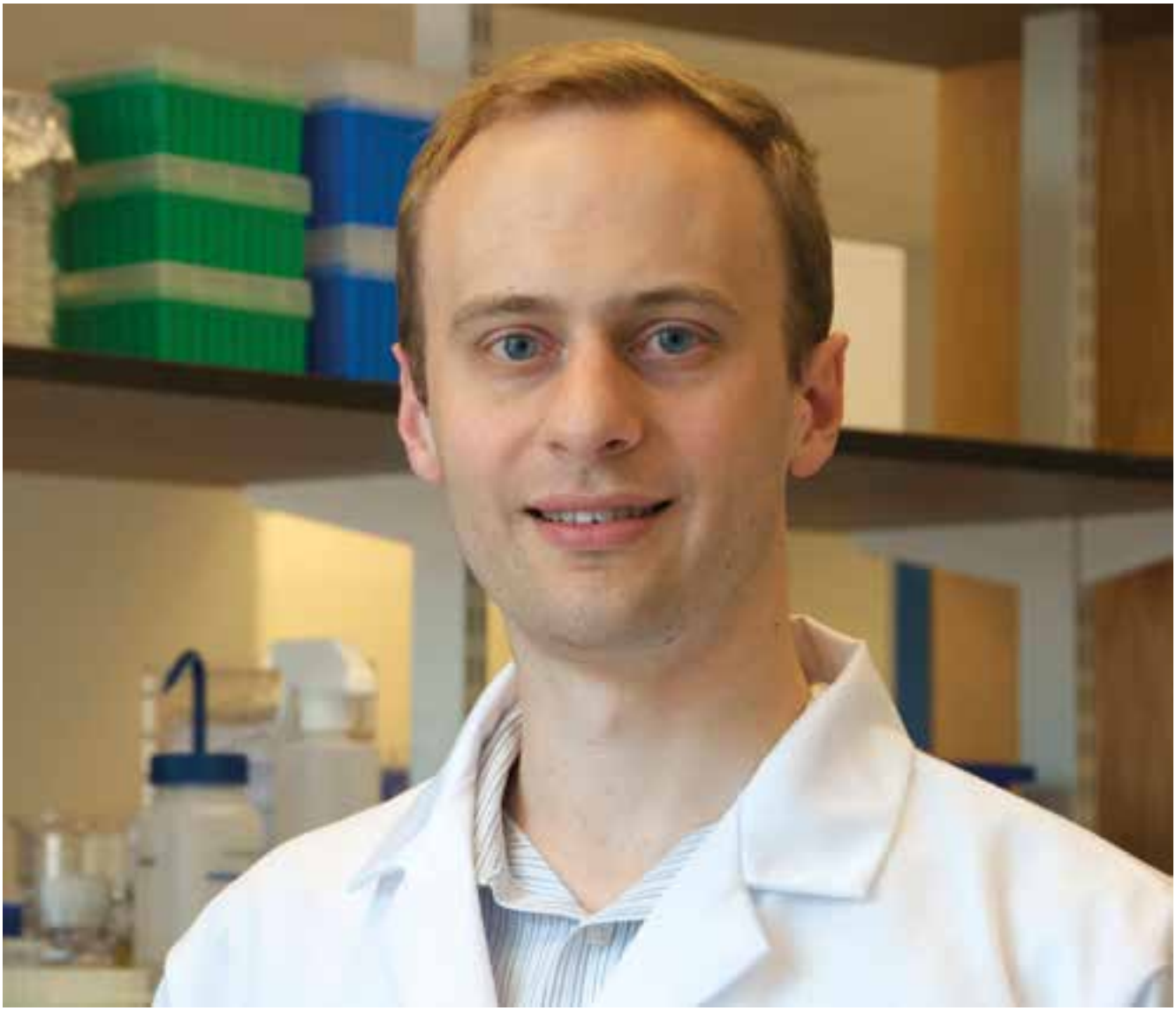
En octubre de 2019, Netflix estrenó *Unnatural Selection*, una serie documental de cuatro capítulos dedicada a la edición génica, particularmente a una forma de ella que se vale de CRISPR (sigla de *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*). Los CRISPR son secuencias de ADN del genoma de bacterias y otros organismos procariotas previamente infectados por un virus que se reproduce en ellos. Entre otras cosas, los CRISPR sirven para detectar y destruir el virus en infecciones siguientes. Apelando al testimonio de científicos, médicos y pacientes, la serie se detiene en los alcances y las posibilidades de la técnica, especialmente en el área de la salud humana.

Por su lado, Cas9 (que viene *de CRISPR-associated protein* 9) es una enzima que se vale de los CRISPR como guía para reconocer y cortar secuencias específicas de ADN complementarias de las de CRISPR. Los sistemas CRISPR constituyen un componente fundamental del sistema inmune bacteriano en su combate contra infecciones virales, pues el grupo de secuencias de ADN bacteriano que los componen actúan ante dichas infecciones. Una infección viral ocurre por la inserción de una secuencia de ADN viral en el genoma bacteriano; cuando eso sucede, la bacteria genera secuencias de ARN con fragmentos complementarios del ADN viral, los que se asocian con proteínas de las bacterias, es decir, con la enzima Cas9, y forman el complejo CRISPR-Cas9. Al cortar el ADN viral en la zona donde se ha insertado, la enzima Cas9, que es una nucleasa, elimina la posible infección.

El sistema CRISPR fue descripto por primera vez en por Yoshizumi Ishino, de la Universidad de Osaka, en 1987. Lo hizo trabajando con la bacteria *Escherichia coli*. En 2005, el microbiólogo español Francisco Mojica, de la Universidad de Alicante, abrió el camino para su uso como técnica de edición en biotecnología. En 2012, la bioquímica estadounidense Jennifer Anne Doudna, profesora de la Universidad de California en Berkeley, y la microbióloga francesa Emmanuelle Charpentier, hoy directora del Instituto Max Planck para Biología Infectiva de Berlín y en ese momento en la Universidad de Umeå, en Suecia, anunciaron la posibilidad de dirigir el sistema de CRISPR-Cas9 al lugar del genoma que se desee. Es el momento en el que comienza a contarse con esa herra-



Esquema en el que se aprecia que en la herencia normal (izquierda) un gen alterado de la mosca roja no se disemina, mientras que en la genética dirigida o *gene drive* (derecha) con el tiempo se extiende a toda la población.



Kevin Esvelt.

mienta para la edición génica, algo que se ha llamado la 'revolución CRISPR'.

Kevin Esvelt, un biólogo estadounidense doctorado en Harvard y profesor en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), lidera en esta segunda universidad el proyecto *Sculpting Evolution* ('Esculpiendo la evolución'), que aplica la técnica CRISPR-Cas9 para actuar sobre los ecosistemas y, por ejemplo, producir alimentos genéticamente modificados a bajo costo.

En 2018, Esvelt estuvo de visita en Buenos Aires y fue entrevistado por Omar Coso para el programa *ToquinTEC*, uno de los programas de divulgación científica del canal de televisión TECtv, perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación. Dicho programa consiste en entrevistas a científicos realizadas por otros científicos. El entrevistador es doctor y profesor de la UBA (biología), investigador del Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias (IFIBYNE) UBA-Conicet.

Si hay algo que define a Esvelt es la pasión por su labor. Relata que desde siempre estuvo interesado en la ciencia, pero esa pasión nació cuando visitó las Galápagos y se maravilló con la diversidad de especies, tan diferentes y a la vez tan similares. Ello lo llevó a adentrarse en la obra de Charles Darwin (1809-1882), para quien una visita a las Galápagos le proporcionó uno de los grandes impulsos que lo condujeron a formular la teoría de la evolución por selección natural. Hoy Esvelt se considera un ingeniero evolutivo porque su interés mayor es trabajar con la edición génica como herramienta para modificar ecosistemas. En su laboratorio pone en marcha con sus colaboradores procesos similares a los de la evolución natural, que genera nuevos rasgos en los organismos.

Omar Coso y Kevin Esvelt.

–¿Qué me puede decir del trabajo sobre la evolución que realiza con el grupo llamado *Sculpting Evolution*?
–La evolución es un proceso maravilloso mediante el cual no se necesita entender algo para usarlo. Las cosas que evolucionaron fueron siempre difíciles de comprender. Si tomamos como ejemplo el caso de una proteína, todavía no podemos predecir cómo se plegará, pero si creamos un millón de copias y las probamos todas, podremos seleccionar la que hace lo que queremos y replicarla un millón de veces. Aunque no entendamos cómo se pliega o cómo realiza su actividad molecular, podremos igual crear una molécula que haga lo que buscamos. La evolución es como una caja negra en la que ponemos algo, regulamos los parámetros y vemos qué sale. No entendemos cómo fue, pero creamos herramientas útiles. A esto me refiero cuando hablo de aprovechar la evolución. Necesitamos modelar el ambiente para seleccionar las propiedades que queremos.

Para Esvelt, el CRISPR es una de las cuatro herramientas primordiales de la biología molecular y de la biotecnología, junto con la técnica de replicar el ADN, la capacidad de leerlo y la de generarlo a partir de una secuencia determinada. El CRISPR permite, entre otras cosas, cortar con precisión cualquier secuencia de ADN de cualquier organismo vivo y reemplazarla con otra, o desactivar un gen, es decir, suprimir su expresión. El campo de acción del CRISPR es vasto, pues se puede aplicar para fines académicos, por ejemplo, para entender las funciones de genes, o en medicina para terapias génicas, así como para propósitos industriales, entre ellos generar productos alimentarios mejorados.

–CRISPR le permitió editar genes en un microorganismo en su laboratorio, pero usted habla de diseñar herramientas para modificar ecosistemas. ¿Cómo pasamos de una placa de Petri a un ecosistema?
–Es una gran pregunta. Y todo se resume en la selección natural. Cuando diseñamos un organismo, lo cambiamos para nuestro beneficio, no para beneficio del organismo. Cuando alteramos organismos y los liberamos a la naturaleza, no les va tan bien como a los organismos salvajes. Y no podemos alterar el ecosistema. O, por lo menos, no hasta hace poco. Supongamos que, en lugar de usar CRISPR para editar un gen y reemplazarlo con una nueva versión en solo una generación de organismos, insertamos la nueva versión del gen y las instrucciones para hacer CRISPR, y le indicamos que realice ese cambio en generaciones futuras. Tendremos, así, un organismo con la capacidad de editar por su cuenta su genoma. Si ese organismo se aparea con uno silvestre, la descendencia recibirá una versión original y una nueva del gen que hemos manipulado. El sistema CRISPR cortará la versión original y la reemplazará por la nueva. La siguiente generación tendrá dos versiones nuevas de ese gen, las que continuarán heredándose de allí en más. Logramos así que un organismo edite su genoma sin intervención humana directa.

Mediante esta herramienta, Esvelt trabaja en genética dirigida (en inglés, *gene drive*), la cual consiste en generar un conjunto de genes y propagarlo en una población silvestre para modificarla. En su caso particular, se ocupa de plagas, parásitos o insectos vectores de enfermedades, en busca de mitigar sus efectos.

Entiende que la actividad científica debe procurar resolver situaciones problemáticas, por lo cual gran parte de su labor consiste en un constante intercambio de información y opiniones con la comunidad, para tratar de entender sus problemas. Eso es lo que llama 'participación ciudadana'.

LAS CONSECUENCIAS DE LARGO PLAZO DE LA GENÉTICA DIRIGIDA

Como en muchos otros casos, el uso de las técnicas de edición de genes se expandió tan rápidamente que las inquietudes éticas sobre su utilización se plantearon cuando esta ya había comenzado y no existía mayor experiencia sobre las repercusiones de largo plazo de los cambios que provocaría. Si bien es cierto que con el avance tecnológico las posibilidades de obtener modificaciones no deseadas o con efectos secundarios perjudiciales disminuyó considerablemente, no es menos cierto que toda alteración de los ecosistemas puede llevar a cambios absolutamente inesperados y deberían ser no solo condenados sino prohibidos en cualquier situación o convención de ética ambiental.

Por otro lado, dada la complejidad de los ecosistemas y de los mismos organismos, predecir las consecuencias de alterar un gen específico de una especie particular una vez devuelta a la naturaleza es prácticamente imposible: gran parte de las características de los seres vivos dependen de la acción de varios genes, de factores epigenéticos y de la influencia del ambiente.

Esto demuestra la necesidad de someter la investigación y sobre todo las aplicaciones tecnológicas de la genética dirigida a las salvaguardas éticas que se aplican en otras áreas relacionadas con la genética o en ámbitos de la medicina.

–¿Qué trabajos está encarando con la participación ciudadana que menciona?

–Comenzamos un proyecto piloto en las islas Nantucket y Martha's Vineyard, en la costa de Massachusetts, en las cuales el 40% de los residentes permanentes sufren ciertas enfermedades propagadas por garrapatas. Sucede que la gente traza caminos en los bosques en cuyos bordes crece el pasto; esto atrae a venados y ratones que se alimentan con él, y ambos animales alimentan a las garrapatas, que los muerden y también muerden a personas. Que haya más ratones y venados significa que habrá más garrapatas, y cuando estas muerden a un roedor enfermo se convierten en vectores que transmiten el organismo patógeno al ser humano.

–¿Cómo planea usar CRISPR en ese caso?

–Inmunizando a todos los ratones para que no puedan enfermarse. Con el tiempo, los roedores generan inmunidad, como lo hacemos nosotros, pero no es una característica heredable. Por ende, queremos identificar los anticuerpos generados por los ratones y los genes asociados con ellos para insertarlos por CRISPR en el genoma del ratón y obtener que estén en sus células reproductivas. De esa manera pasarían a la descendencia y le conferirían inmunidad.

Este caso de participación comunitaria se puso en marcha en 2017 con el nombre *Mice against ticks* (ratones contra garrapatas). En la Argentina, quienes trabajan con CRISPR lo hacen tanto en la industria alimentaria, por ejemplo, sobre la papa producida por INTA, como en el campo de la salud. En este se puede citar al gusano barrenador del ganado (*Cochliomyia hominivorax*), un díptero que crea un problema sanitario en diversos países sudamericanos: las hembras depositan sus huevos en heridas de los animales, de cuyos tejidos se alimentan las larvas. En Norteamérica el trastorno fue eliminado generando miles de moscas estériles y liberándolas al ambiente, con el propósito de que su cruza con sus pares silvestres no produjese descendencia. Eso sería más difícil de lograr en Sudamérica, debido a condiciones ambientales, en particular la enorme diversidad de ecosistemas, que requeriría mucho personal científico y técnico, y dificultaría la estandarización de los procesos. Por esto, Esvelt entiende que sería mejor valerse de la genética dirigida.

En síntesis, CRISPR es un logro científico de magnitud y tiene aplicaciones de interés mundial. Desde que comenzaron estas, allá por 2012, la cantidad de investigaciones que se pusieron a trabajar en ellas ha ido creciendo de manera exponencial. Todo indica que esa tendencia continuará. CH

La entrevista completa puede verse en *www.youtube.com/watch?v=YoYrcZjL_wQ*

LECTURAS SUGERIDAS

ESVELT K *et al.*, 2014, 'Concerning RNA-guided gene drives for the alteration of wild populations', *eLife*, 3: e03401. Accesible en *www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/ articles/PMC4117217/*

OYE K *et al.*, 2014, 'Biotechnology: Regulating gene drives', *Science*, 345, 6197: 626-628.

Eduardo Spivak

Un gusano Nobel

Caenorhabditis elegans, de la naturaleza al laboratorio y del laboratorio a la naturaleza

El premio Nobel de fisiología o medicina 2002 fue otorgado a tres científicos de la Universidad de Cambridge por sus investigaciones sobre la regulación del desarrollo de los órganos y la muerte celular programada: Sydney Brenner, John E Sulston y H Robert Horvitz. Al recibir el premio en Estocolmo, Brenner declaró, con su famoso sentido del humor, que 'sin duda el cuarto ganador del premio Nobel este año es *Caenorhabditis elegans*; él merece todo el honor pero, por supuesto, no podrá compartir la recompensa monetaria'.

¿Quién es *Caenorhabditis elegans*?

Caenorhabditis elegans, que desde ahora llamaremos *C. elegans*, es un animal microscópico que pertenece al phylum *Nematoda* (en castellano nematodos), uno entre más de treinta grandes grupos de animales que existen en la actualidad. Los nematodos, y otros cuatro de esos grupos, tienen el cuerpo envuelto por una cutícula más o menos rígida que limita su tamaño. Por esa razón, al crecer se despojan de ella y generan una nueva, inicialmente blanda y plegada, que luego se estira y endurece. Ese pro-

¿DE QUÉ SE TRATA?

Caenorhabditis elegans, un sencillo nematodo de suelo que se transformó en una herramienta fundamental para el conocimiento de aspectos básicos y generales de la biología.

Sidney Brenner (1927-2019), uno de los tres ganadores del premio Nobel de fisiología o medicina de 2002. Wikimedia Commons

ceso se llama *ecdisis* o muda y los animales que lo comparten se reúnen en un gran grupo llamado *Ecdysozoa* (es decir animales que mudan). El grupo de ecdisozoos más numeroso en especies es el de los artrópodos (insectos, crustáceos, arácnidos, ciempiés), que incluye alrededor de un millón de especies conocidas (se considera que hay un total de cinco a diez millones aún por descubrir). Si bien se han descripto unas 25.000 especies de nematodos, se estima que su número sería millonario. Además, son numéricamente muy abundantes: puede haber millones de pequeñísimos individuos por metro cuadrado de suelo terrestre o fondo marino.

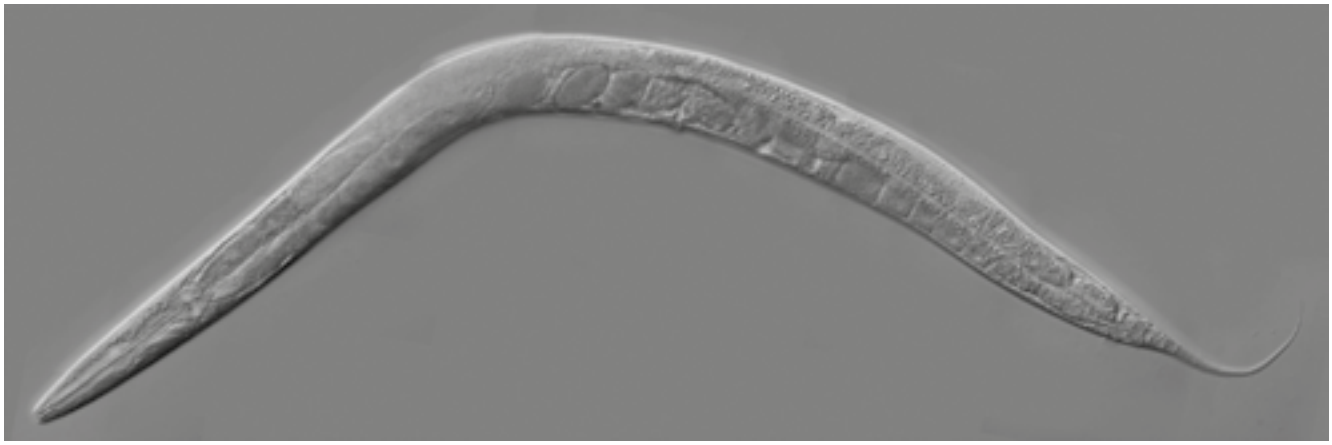
El aspecto de la mayoría de los nematodos es el de un gusano de cuerpo cilíndrico con extremos puntiagudos. Por debajo de la cutícula, compuesta principalmente por colágeno, se encuentra una capa de músculos y, en el interior, el tubo digestivo recorre todo el cuerpo. Entre los músculos y el tubo digestivo existe una cavidad llena de líquido, con relativamente pocas células, dentro de la cual se alojan los órganos reproductivos: ovarios, testículos y sus respectivos conductos. La uniformidad en la estructura de los nematodos contrasta con la diversidad de tamaños: desde alrededor de 0,4mm en algunos nematodos marinos hasta más de 8m en *Placentonema gigantisima* (parásito de la placenta de ballenas).

Inicialmente, los nematodos más estudiados fueron parásitos de animales y plantas. Entre los parásitos humanos, los más frecuentes son los transmitidos a través del suelo o las aguas contaminadas por sus huevos, como los grandes *Ascaris lumbricoides* y *Ancylostoma duodenale* que infectan a cientos de millones de personas; por picaduras de insectos, como las pequeñas especies que causan las filariosis linfáticas, o por comer alimentos contaminados como es el caso de *Trichinella spiralis*. Los parásitos de las raíces de vegetales cultivados, como las especies de *Meloidogyne*, causan enormes pérdidas en las cosechas. También eran conocidos los nematodos de vida libre en el suelo y en sedimentos, tanto marinos como de agua dulce. A partir de mediados del siglo XX se describieron numerosas especies de vida libre y este proceso continúa hoy con gran intensidad. En la década de 1960 una de esas especies, *C. elegans*, se convirtió en una nueva estrella del mundo de la ciencia y en el nematodo más popular. Para comprender por qué este nematodo de apenas 1mm de largo suscitó tanto interés, es necesario conocer a Sydney Brenner.

El 'niño terrible' de la biología molecular

Sydney Brenner nació en Sudáfrica en 1927 y murió –cuando aún seguía trabajando– en Singapur en 2019. Se recibió de médico en Johannesburgo y obtuvo su doctorado en la Universidad de Oxford. A poco de llegar a Inglaterra, en 1953, fue testigo de la presentación del modelo de la doble hélice del ADN por James Watson y Francis Crick, y decidió dedicar su carrera a comprender cómo funcionan los genes. En 1956 Crick lo convocó para trabajar en la Universidad de Cambridge. Usando bacterias y sus virus (los bacteriófagos), Crick y Brenner comprobaron experimentalmente sus propias hipótesis teóricas acerca de la naturaleza del código genético en 1961 y luego mostraron cómo finaliza la síntesis de proteínas codificada por el ADN. Además Brenner descubrió con François Jacob y Matthew Meselson el ARN mensajero.

Una vez comprendidos los mecanismos básicos de la biología molecular en microrganismos, Brenner se dedicó a entender el papel de los genes en formas de vida más complejas estudiando el desarrollo embrionario de los animales. El programa de investigación del Laboratorio de Biología Molecular de Cambridge de 1963, inspirado por sus ideas, consistía en elegir un organismo multicelular y tratarlo con los métodos de la genética de microbios. Este organismo debía ser fácil de cultivar en placas de agar con bacterias como alimento, tener un ciclo de vida breve, ser pequeño para poder trabajar con muchos individuos a la vez, tener pocas células cuya genealogía se conociera, y que en él fuera posible detectar, manipular y estudiar mutaciones. El elegido fue



Caenorhabditis elegans hermafrodita adulto. Mide poco más de 1mm de largo. Wikimedia Commons

el nematodo *C. elegans* que tiene, además, otra ventaja: un número constante de células somáticas (es decir, de todas las células del cuerpo excepto las células germinales destinadas a formar los óvulos y espermatozoides).

Brenner divirtió, pero también ofendió a veces a quienes lo escuchaban o leían, con sus ironías y su rechazo a dogmas y convencionalismos. Así se hicieron famosas sus columnas en la revista *Current Biology* que firmaba como 'Tío Sid'.

C. elegans antes de conocer a Sidney Brenner

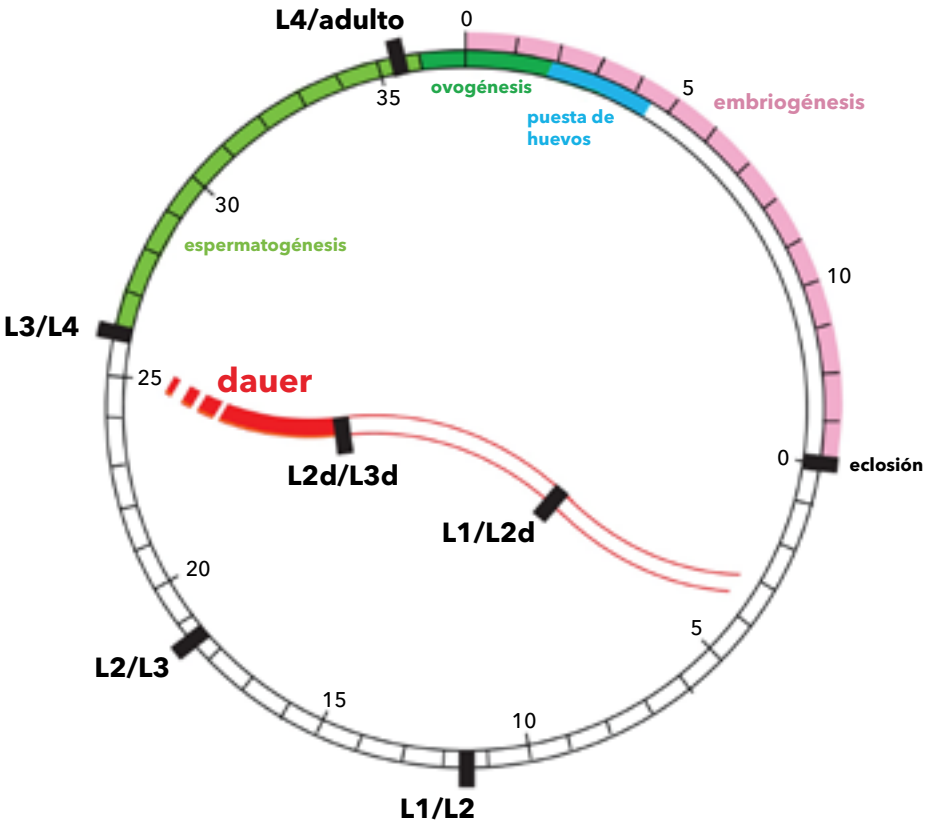
Caenorhabditis elegans fue descubierto en una muestra de humus en Argelia en 1897 y bautizado como *Rhabditis elegans* por Émile Maupás (1842-1916), un zoólogo francés que publicó sus observaciones en 1900 como parte de un extenso trabajo sobre 'los modos y las formas de reproducción de los nematodos'. Ocurre que los nematodos varían en la forma de reproducción: en algunas especies hay machos y hembras (en general de mayor tamaño que los machos), pero también existen especies hermafroditas (ambos sexos en el mismo individuo) e incluso que presentan partenogénesis (desarrollo de embriones a partir de óvulos sin fecundar).

En la década de 1940, Victor Nigon (1920-2015), también francés, profundizó las investigaciones sobre la reproducción y el proceso de determinación del sexo en los pequeños nematodos de vida libre conocidos como *rabdítidos*, incluido *R. elegans*. En colaboración con Ellsworth C Dougherty (1921-1965), de la Universidad de California en Berkeley, Nigon describió una especie muy similar a *R. elegans*, a la cual llamaron *Rhabditis briggsae*. Esta junto con otras especies fueron incluidas en el género *Caenorhabditis* en 1952, y adquirieron así sus nombres actuales: *C. elegans* y *C. briggsae*. Dougherty y Nigon siguieron colaborando y describieron la primera mutación morfológica de *C. briggsae*. Durante la década siguiente, Dougherty logró obtener cultivos axénicos (sin ningún otro organismo vivo) de esos nematodos en placas de agar, y mantuvo poblaciones puras en el laboratorio.

Inicialmente, Brenner eligió a *C. briggsae* como el organismo a utilizar en sus experimentos, pero luego de visitar a Dougherty en California, eligió *C. elegans*. Posiblemente eso se debió a diferencias en el crecimiento y comportamiento entre ambos que hacían a *C. elegans* más fácil de cultivar y manipular. En octubre de 1963 un cultivo axénico de una cepa originalmente recolectada en Bristol (Reino Unido) se envió desde los Estados Unidos al laboratorio de Brenner. Esa cepa fue designada N2. Esos ejemplares fueron los antepasados del ganador del premio Nobel.

No todo empezó con *C. elegans*

El punto de partida del uso de *C. elegans* en la investigación genética puede ubicarse simbólicamente en una breve nota de la revista *Nature* de 1948, en la cual Dougherty y Hermione G Calhoun expusieron sus ventajas. Sin embargo, los trabajos pioneros sobre el desarrollo en nematodos fueron realizados en los grandes ascáridos parásitos de animales por el belga Édouard van Beneden (1846-1910) en la década de 1880 y el alemán Theodor Boveri (1862-1915), junto a su estudiante graduada y luego esposa Marcella O'Grady (1863-1950). Ellos describieron, a partir de 1888, la fertilización, división celular y desarrollo embrionario temprano del gran *Parascaris equorum* que vive en el intestino de los caballos y mide 50cm (entonces se llamaba *Ascaris megalocephala*). Sus descubrimientos condujeron, nada más y nada menos, a la teoría cromosómica de la herencia. O'Grady no



El ciclo de vida de *Caenorhabditis elegans* hermafrodita y sus principales eventos: espermatogénesis (origen de los espermatozoides) –en verde claro–, ovogénesis (origen de los óvulos) –en verde oscuro–, puesta de huevos –en celeste–, embriogénesis (desarrollo del embrión) –en rosa–, eclosión del huevo, mudas. Los números alrededor del círculo indican horas (el 0 externo al círculo corresponde a la fertilización y el interno a la eclosión) y las barras negras indican mudas entre estadios (L1 a L4 y adulto). La espermatogénesis ocurre en el estadio L4 y la ovogénesis, en el adulto. En el interior del círculo se muestra la via alternativa del desarrollo con el estadio *dauer*.

figuró como coautora de los trabajos, pero su papel fue clave debido a su experiencia adquirida en el laboratorio de Edmund Wilson en los Estados Unidos. Ese zoólogo construyó una especie de árbol genealógico celular de un gusano marino a partir del cigoto (la primera, producto de la fertilización del óvulo por el espermatozoide), en el cual nombró a cada descendiente mediante una práctica terminología. Los Boveri también diseñaron una terminología para cada generación de células de *P. equorum*, que fue publicada en 1899 y aún se usa, con algunas variaciones, incluso en *C. elegans*.

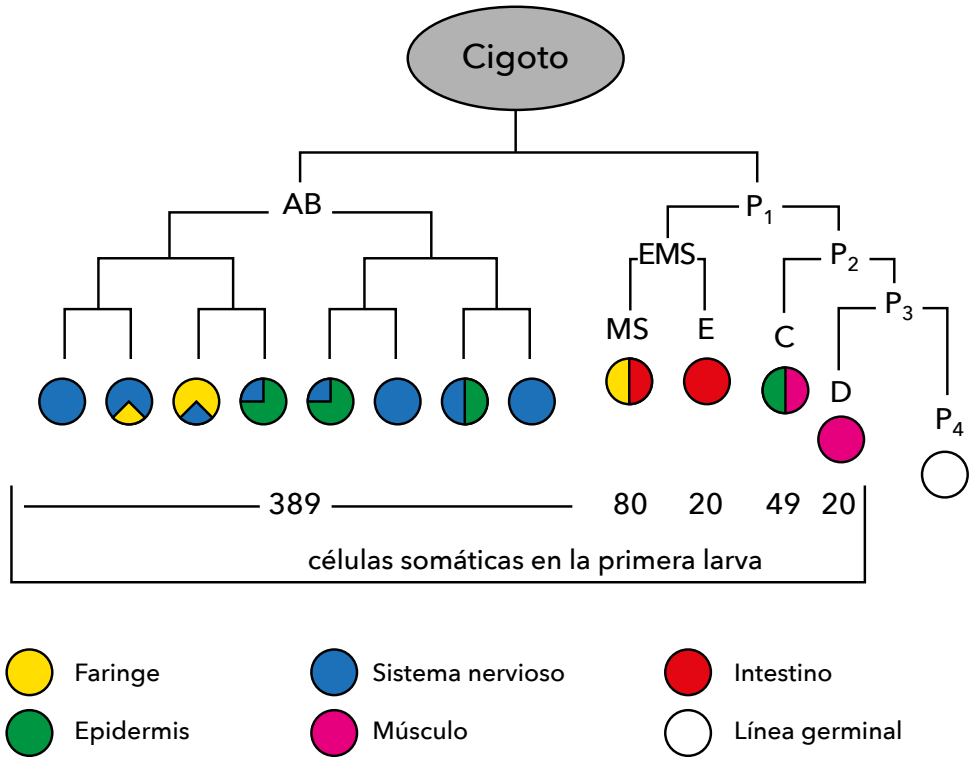
El ciclo de vida de *C. elegans*

Los biólogos han acuñado el término ciclo de vida para describir los eventos que se suceden entre una generación y la siguiente: nacimiento, desarrollo, madurez y reproducción.

Los individuos adultos de *C. elegans* son hermafroditas que se fecundan a sí mismos y machos ocasionales que pueden fecundar a los primeros. En los hermafroditas las células germinales originan hasta 350 espermatozoides en el último estadio inmaduro y solo óvulos en los adultos. El cambio es irreversible y es el número de espermatozoides el que limita el número de huevos. En el laboratorio, aproximadamente uno de cada mil individuos se desarrolla espontáneamente como macho, pero esa proporción puede aumentar con el incremento de la temperatura. Los machos tienen un número de espermatozoides hasta tres veces mayor que los hermafroditas y por eso, cuando un macho insemina un hermafrodita, la descendencia aumenta hasta más de mil huevos. La mayoría de los hijos de un hermafrodita autofecundado son también hermafroditas y genéticamente idénticos: son clones. El cruzamiento entre un hermafrodita y un macho permite entonces un cierto grado de variabilidad genética.

De la eclosión de los huevos surgen individuos minúsculos, similares a sus progenitores, llamados larvas o juveniles. Es el primero de cuatro estadios necesarios para llegar a la etapa adulta. En promedio, el tiempo de este proceso es de apenas dos o tres días, y la vida del adulto en el laboratorio, a una temperatura constante de 20°C, es de dos a tres semanas. Como muchos otros nematodos relacionados, el segundo estadio larval puede entrar en una vía alternativa de desarrollo en el caso de sobrepoblación o falta de alimento. Esta vía consiste en un tercer estadio larval modificado, llamado *dauer* (duración, en alemán), que puede sobrevivir sin alimentos varios meses y que resiste la deshidratación y otros estreses ambientales. Esta especie de letargo se conoce como *diapausa* y finaliza cuando las condiciones ambientales son favorables; entonces el ciclo se reinicia mudando a un cuarto estadio normal. En otras palabras, *C. elegans* tiene mecanismos que le permiten alargar su vida.

Genealogía celular de *Caenorhabditis elegans*. Se ilustran las divisiones iniciales del embrión a partir de la primera célula (cigoto). Las letras AB, EMS, E, MS, C y D designan a las primeras células fundadoras somáticas; P1, P2, P3 y P4 designan las células madre que finalmente originan las células germinales. Los tejidos u órganos que proceden de cada célula (destinos celulares) se representan por medio de círculos con distintos colores (hay células cuyos descendientes forman distintos tejidos). Se indica el número de células del primer estadio larval que descienden de distintas células.



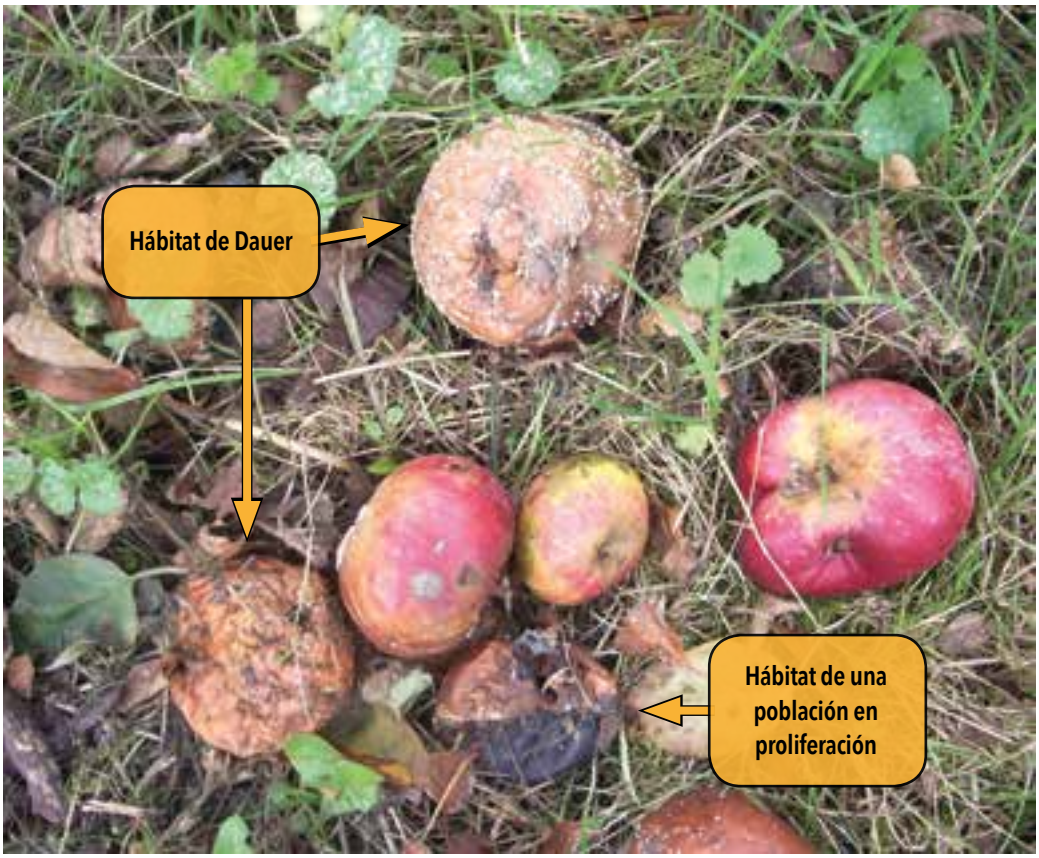
Linajes celulares de *C. elegans* y la muerte celular programada

Los linajes celulares de *C. elegans* desde el cigoto hasta la larva que eclosiona del huevo fueron revelados en detalle en 1983 por el biólogo británico John E Sulston (1942-2018), que compartió el Nobel con Brenner. En ese proceso se generan 671 células; en un hermafrodita 113 de ellas (en los machos 111) mueren de forma genéticamente programada, un proceso que se llama *apoptosis*. Las restantes se diferencian de forma definitiva o lo harán durante el posterior desarrollo larval.

La primera división celular es asimétrica, y origina una célula fundadora grande (AB) y una célula madre más chica (P1). AB y P1 además difieren en sus destinos celulares: AB origina exclusivamente células somáticas y P1, tanto células somáticas como germinales.

El número de células se duplica durante las siguientes divisiones celulares, pero interesa analizar la descendencia de P1, que da origen a una nueva célula fundadora somática y una nueva célula madre, P2. Lo mismo ocurre con P2, que se divide y da una tercera célula fundadora somática, y la célula madre P3. Finalmente, P3 se divide en una célula fundadora somática y en P4, que permanece en reposo hasta el último estadio larval y es la madre de todas las células reproductivas del adulto.

Tapa de la revista *Science* del 11 de diciembre de 1998, en la cual se publicó la secuencia del genoma de *Caenorhabditis elegans*. Fotografía de María Gallegos, University of Wisconsin-Madison, y manipulación gráfica de Cynthia Faber-Smith.



Caenorhabditis elegans vive en materia vegetal en descomposición. En la fotografía se ve la diversidad de hábitats en el suelo de una plantación de manzanos. Las poblaciones en proliferación ocupan las frutas más podridas, en tanto que las larvas *dauer*, originadas probablemente en esas poblaciones, viven en frutas menos descompuestas. Crédito de la imagen y el análisis: Marie-Anne Félix, École Normale Supérieure (IBENS).

Con anterioridad, en 1977, Sulston y Horvitz habían trazado la genealogía de las 959 células somáticas del hermafrodita adulto y las 1031 del macho, que se originan de la división de las 558 o 560 células del primer estadio larval menos 131 o 148 células muertas por apoptosis, respectivamente.

El primer genoma secuenciado de un organismo multicelular fue el de *C. elegans*

A lo largo de todo el siglo XX se llevó a cabo uno de los programas de investigación más importantes de la historia de la biología que permitió entender la naturaleza del gen, gracias al descubrimiento de la estructura del ADN en 1950.

La tapa de la revista *Science* del 11 de diciembre de 1998 mostró una foto de *C. elegans* y en su interior incluyó un artículo firmado por una asociación de unos cuatrocientos investigadores en el que se describe la secuencia de su genoma, es decir, el orden en que se encuentran los 97 millones de pares de bases del ADN que forman sus más de 19.000 genes. Fue el primer genoma conocido de un organismo multicelular, luego de los correspondientes a virus, varias bacterias y una levadura. Este genoma reveló información acerca de las bases generales de la construcción animal y las más específicas de la construcción de un nematodo. Más del 40% de las proteínas coinciden con las de otros organismos, incluyendo a los seres humanos, y la distribución de los genes en los seis pares de cromosomas fue una evidencia de la organización regional de estos.

Cinco años más tarde se publicó la secuencia del genoma de su primo hermano *C. briggsae*, con quien comparte el hábitat y el modo de reproducción hermafrodita, lo cual permitió refinar el conocimiento de *C. elegans* y es una fuente prometedora de comparaciones evolutivas.

Es hora de dejar el laboratorio y volver a visitar el campo

Los miles de millones de *C. elegans* que pasaron sus vidas en laboratorios del mundo provienen de una sola cepa: la N2 de Bristol, usada primero por Brenner y sus amigos, quienes las alimentaron y cuidaron. Pero ¿cómo sería la vida de esta especie en la naturaleza, enfrentando con su aparente uniformidad genética variaciones en la disponibilidad de alimento y temperatura y la presencia de depredadores y parásitos? Esa pregunta despertó

la curiosidad de Marie-Anne Félix, del Instituto Jacques Monod de París.

Aunque se lo conoce como nematodo del suelo, quizá debido al sitio de su primer hallazgo, la mayoría de las veces *C. elegans* es encontrado en vegetales en descomposición en todos los continentes menos la Antártida. La zoóloga parisina encontró poblaciones abundantes de *C. elegans* y *C. briggsae* en antiguas plantaciones de árboles frutales de los tranquilos alrededores de su ciudad. Cientos de gusanos de todos los estadios del ciclo de vida, incluyendo los escasos machos, vivían en frutas, flores y tallos herbáceos en putrefacción. Ella y sus colegas investigaron en ambientes similares de toda Francia en las cuatro estaciones y pudieron así informar sobre aspectos de su alimentación, densidad, reproducción, comportamiento y sus relaciones con otros integrantes de su comunidad, como depredadores y patógenos, a distintas escalas espaciales y temporales.

Un aspecto fundamental de *C. elegans* en la naturaleza tiene que ver con la longeva larva *dauer* que se encuentra en material vegetal podrido, pero también sobre muchos invertebrados, incluso dentro de caracoles, cuando la densidad poblacional es extrema. Esos animales y sus predadores, como las aves, les permiten dispersarse lejos de su sitio de origen. Tal transporte, además de una mayor presencia de machos en la naturaleza, podría explicar la insospechada variación entre poblaciones de la especie, como rasgos de comportamiento e, incluso, diferencias en los linajes celulares. Esas variaciones indican mayor diversidad genética que la presente en el laboratorio.

Los estudios de laboratorio y del campo se ponen en contacto

Hay una paradoja interesante en la ciencia de la vida: existen dos áreas de investigación que, hasta hace relativamente poco tiempo, se diferenciaban de forma aparentemente irreconciliable en su método. La biología se ocupa tanto de la unidad de los procesos de la vida (que se estudia principalmente en el laboratorio) y la diversidad de los seres vivos (que se estudia sobre todo en el ambiente). La base molecular de ambos procesos es la misma: de una manera general, el ADN puede conservarse y variar. La cronología de las investigaciones que incluyen a *C. elegans* abarca ambos métodos y una posible conciliación de ellos. A comienzos del siglo XX, esto se advirtió en una de las varias especies de nematodos del suelo que se describieron y en las que se estudiaron los mecanismos reproductivos (diversidad). A partir de 1960, en un espectacular desarrollo de los trabajos de genética, biología celular, molecular y del desarrollo, incluyendo la muerte celular programada utilizando una única cepa de *C. elegans* como modelo experimental (unidad). Y por último, en un regreso al ambiente combinando los muestreos de campo con los métodos más avanzados de la biología molecular y del desarrollo (unidad más diversidad).

Caenorhabditis elegans en la Argentina

El género *Caenorhabditis* no ha sido encontrado en ambientes naturales de la Argentina, pero muchos laboratorios locales utilizan la cepa N2 de *C. elegans* en investigaciones sobre temas básicos de la biología como estrés, envejecimiento, neurobiología y ritmos biológicos, así como en farmacología, toxicología y efecto de pesticidas. Prueba de ello son los importantes trabajos publicados en revistas científicas de primer nivel por investigadores de las universidades de Buenos Aires, Córdoba, Rosario, Quilmes, San Martín y del Sur, y de los institutos del Conicet asociados a ellas. CH

El autor agradece a Marie-Anne Félix por el generoso envío de sus fotos para ilustrar este artículo.

LECTURAS SUGERIDAS

DEUTSCH J, 2009, *El gusano que usaba el caracol como taxi*, FCE, Buenos Aires.
FIDALGO M Y MUÑOZ MJ, 2006, '*Caenorhabditis elegans*: los mecanismos genéticos de la longevidad', *Investigación y Ciencia*, 363: 75.
JURADO P, 2013, 'Un gusano revela claves de la memoria', *Mente y Cerebro*, 60.
PORTMAN DS, 2019, 'La mente de dos gusanos', *Investigación y Ciencia*, 517: 13.
WORM BOOK, 'An online review of *C. elegans* biology'. Accesible en *wormbook.org/*

Eduardo Spivak
Doctor en ciencias biológicas, UBA.
Investigador principal jubilado, Conicet.
Profesor titular jubilado, UNMDP.
espivak@mdp.edu.ar

Crossfit cerebral #4

Matemática, ilusiones y humor

Calentena (el sexo en la cuarentena)

Queridos colegas: antes que nada, gracias por considerarme un colega, dado que realmente no lo soy. Pero durante la cuarentena casi todo se distorsiona un poco (y lo que no, se distorsiona mucho), por lo cual, si ustedes me permiten, haré uso indebido, mas no ilegal, de la colegiatura que de alguna manera me autoriza el ser columnista de este prestigioso medio.

Eric Hobsbawm (queda muy bien nombrarlo en una nota científica, porque era un prestigioso historiador y es como si uno se contagiara por ósmosis) solía mencionar una maldición china, a la que por suerte se dio el gusto de traducir al inglés, y sus traductores, al castellano. O sea, no sé lo que decía en chino, pero luego de las dos traducciones quedó así: 'Ojalá te toque vivir tiempos interesantes'.

¡Vaya maldición! Seguramente los científicos lo entenderán. Es muy bueno poder estudiar los efectos de una prolongada cuarentena y una pandemia en el ser humano, ver cómo se modifica su carácter y su estado físico merced al encierro, cómo algunes no toleran la soledad mientras otres la añoran, y luego hacer un voluminoso *paper*, o un libro que perdurará como valioso aporte científico ya que, para conseguir otra pandemia y que sus datos puedan refutar los nuestros, quizá se necesiten siglos.

Pero, claro, una cosa es ser 'el científico que estudia' y otra muy diferente, y nada gozosa, es ser 'el conejillo de Indias que es estudiado'.

¡Mala noticia, colegas! Esta pandemia, con cuarentena indefinida incluida, nos tocó del lado de adentro.

Y ahí la cosa se pone difícil. La convivencia en continuado durante más de tres días se pone pesada. Incluso para quienes vivimos solos. Más de une intentó hacer una 'terapia de pareja' consigo misme, ya que no se soporta, y se pone muy celose cuando habla por celu con otra persona en vez de acompañarse en ver una serie, o en las tareas hogareñas.

Hay quien de pronto ve a un vecino, y se pregunta de qué serie de Netflix lo conoce.

Y mejor no hablar de aquelles que conviven con una pareja y sus respectivos fantasmas (que no se van ni un ratito), o con hijos, nietos, ex, futuros, futuros ex, suegres, cuñades, amigues que se separaron de urgencia y pidieron auxilio, amantes y repartidores de delivery que vieron luz y entraron.

Pero lo más complicado es el deseo.

Si bien es conocida la expresión latina 'Fornicarum, chocando mundus' (el propio Francisco explicó que estamos en tiempos de acogida, no de rechazo), que implica que la situación tanática de amenaza estimula el erotismo vital y genital, nuestros datos no confirman dicha tesis.

El hecho de que no se pueda salir por motivos sexuales, ni aún colocándose una máscara a la manera de preservativo, complica a los *partenaires* que no viven en la misma casa, que son muuuches.

A los que sí viven en la misma casa, tampoco les resulta fácil. En algunos casos, los complica la presencia de terceros (hijos, hermanos, vecinos, mascotas, Netflix, Zoom, plancha *smart*). En otros, por el contrario, los complica la ausencia de terceros. Les quita el deseo la imposibilidad de, al día siguiente, tomar un café con une amigue y criticar duramente al *partenaire*. No, por WhatsApp no es lo mismo.

Pero, finalmente, suponiendo que el deseo, gauchito como es, venza todas esas dificultades, no es tan simple tener relaciones sexuales a un metro y medio de distancia (quien diga que lo logra es un fanfarrón), con un barbijo tapando la boca y la nariz, olor a lavandina, el cuerpo untado en alcohol en gel, un preservativo en cada uno de los diez dedos y lavándose las manos y tomándose la temperatura luego de cada gemido, aullido o interjección placentera.

Por eso, culminando nuestro estudio, tenemos a bien recomendarles a los distintos gobiernos que para que no se les caigan tanto las sextadísticas, otorguen la categoría 'acto sexual' a conductas tales como 'comer dulce de leche', 'pasarle lavandina al piso más de tres veces el mismo día', 'lustrar la pava o la olla', 'cambiarse los zapatos en presencia del ser deseado' o 'lavarse cualquier parte del cuerpo con particular dedicación'.

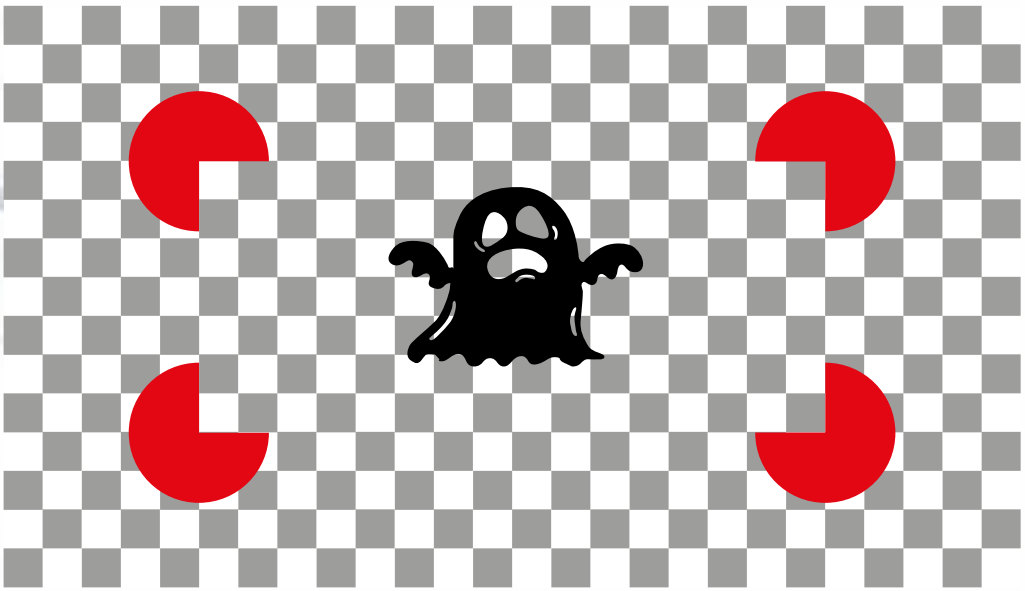
Muchas gracias.

Rudy

¿Está aislado el fantasma?

Relleno visual: ¡cuando percibimos lo que no está!

Consigna. En estas épocas extraordinarias de Covid-19, todos estamos cumpliendo con el aislamiento social y preventivo. Pero el fantasma ¿está aislado dentro de un rectángulo?



Explicación. A pesar de lo que se percibe, en esta imagen no hay ningún rectángulo ni cuatro círculos. Lo único que existe es un fondo cuadriculado y cuatro *pacman* rojos alineados deliberadamente para generar la ilusión. Sin embargo, en un proceso de toma de decisión, nuestro cerebro considera más probable que la imagen esté compuesta por un rectángulo que descansa sobre cuatro círculos rojos (o sea, lo interpreta en profundidad). Para resaltar esta interpretación, imagina –'alucina'– bordes de un rectángulo, proyectando los vértices de los *pacman*. Este fenómeno se conoce como *relleno visual*. Gran parte del procesamiento de la información visual involucra distintos grados de relleno visual, ya que la información que llega a las cortezas visuales es incompleta.

Armando palabras

En su novela *Los crímenes de Alicia* el escritor Guillermo Martínez menciona un acertijo enunciado por Lewis Carroll, que aquí proponemos en una versión para hispanohablantes.

¿Es posible llegar de la palabra 'amor' a la palabra 'odio' por una sucesión de palabras del diccionario, de manera que cada palabra se obtenga de la anterior cambiando solamente una letra (permitiendo permutaciones)? Se consideran distintas las letras *a* y á, y lo mismo para las restantes vocales.

¿Y de la palabra 'bravo' a la palabra 'dócil'?

#TeRegaloUnTeorema

El proceso de Galton-Watson

El 1 de marzo de 1873, sir Francis Galton –notable matemático, responsable de los conceptos de correlación, regresión a la media y eugenesia; primo de Charles Darwin– publicó un problema en el periódico *The Educational Times*, en la sección 'Questions for solution'.

El problema más o menos dice así: empecemos con un padre fundacional. Ese padre tiene una cierta cantidad (aleatoria) de hijos varones (a los que les transmite su apellido). La probabilidad de no tener hijos es p_0, la de tener un hijo es p_1, la de tener dos hijos es p_2, etc. Cada uno de sus hijos tiene

una cantidad aleatoria de hijos siguiendo la misma ley y en forma independiente.

(1) ¿Cuál es la probabilidad de que el apellido se extinga luego de *n* generaciones?

(2) ¿Cuál es la probabilidad de que haya *m* personas con ese apellido?

Y al final agrega: 'Quien propone el problema remarca que una solución general sería de mucha ayuda en ciertas cuestiones estadísticas importantes'.

Esas cuestiones importantes incluyen el estudio de la propagación de un virus en una población en la etapa temprana, cuando la gran mayoría es susceptible a infectarse. Pasada esa etapa, este modelo deja de ser válido. En el modelo, el padre fundacional es el primer infectado y los 'hijos varones' son todas las personas a las que infecta antes de dejar de transmitir el virus. Vale acá ponerse a pensar por qué el modelo deja de ser válido cuando la cantidad de infectados deja de ser despreciable en comparación con el tamaño de la población.

La solución vino de la mano del reverendo Henry William Watson y por eso la llamamos *proceso de Galton-Watson*. Parece ser que la conclusión de Watson estaba bien, pero su demostración estaba mal. Y además en los años 70 (del siglo XX) Chris Heyde y Eugene Seneta se avivaron de que Irénée-Jules Bienaymé ya había planteado y resuelto el problema correctamente casi treinta años antes.

Además de en epidemiología, hoy estos procesos tienen tremendas aplicaciones en muchas otras disciplinas: biología, economía, física, genética, matemática, y la lista sigue. Son la materia prima para construir modelos mucho más elaborados.

Llamemos *m* a la cantidad media de hijos que tiene un individuo. Eso se calcula haciendo

$$m = 0 \times p_0 + 1 \times p_1 + 2 \times p_2 + 3 \times p_3 + \ldots$$

Si estuviste escuchando hablar mucho del R0 últimamente y te preguntás cuál es su relación con esto, ¡*m* es el R0!

El teorema dice así:

Teorema. Si $m > 1$ la población crece exponencialmente (con probabilidad positiva), si $m < 1$ la población se extingue (con probabilidad uno) y si $m = 1$… también se extingue.

No importa con qué probabilidad tiene 0, 1, 2 o 10 hijos. ¡Lo único que importa es su media! Notable.

#TeRegaloUnTeorema

¿Cómo salís de un laberinto?

¿Te parece andarte metiendo en estos lugares?

Cuando yo era chico, antes de saber que quería dedicarme a la computación o a la educación, me desvivía tirándole una y otra pregunta a mi viejo, como proyectiles. Y él tenía esta cualidad (quizá devenida de leer divulgación en revistas como la que están leyendo ahora) de recibir, transformar y responder esos proyectiles cual Kung Fu Panda científico. Un día le pregunté qué tan buena había sido la idea de Ariadna de darle un ovillo de hilo a Teseo para el temita de salir del laberinto del Minotauro. Me preocupaba que se acabara el hilo, que Dédalo hubiera hecho un laberinto muy grande y que no hubiera ovillo que alcanzara. ¿No se podía salir sin necesidad de un hilo? Y mi viejo me contó lo que más tarde descubrí que se llama *algoritmo*.

Les presento, entonces, tres algoritmos para salir de un laberinto:

Laberinto 1

Laberinto 2

Laberinto 3

Algoritmo A: 'Me pego a la pared de la derecha y sigo avanzando sin despegarme de la derecha'.

Algoritmo B: 'Avanzo hacia adelante siempre, y cada vez que me choco doblo a mi derecha y repito'.

Algoritmo C: 'Avanzo hasta el primer lugar donde pueda doblar, y doblo (si hay dos lugares para donde pueda doblar, elijo la izquierda). Sigo y repito'.

Dados estos tres laberintos, ¿qué algoritmos me sirven para escapar de cada uno? ¿Sirven los tres algoritmos para escapar de los tres laberintos?

El puntito rojo y la flecha indican desde dónde empiezo y hacia dónde estoy mirando.

Corolario

Cualquier programador de computadoras debe ser capaz de imaginar laberintos para poner a prueba sus algoritmos, y así diseñar propuestas superadoras. Hay una idea demasiado simplificada de que programar es diseñar una secuencia de pasos; pero esa idea es muy discutida. Quien programa debe ser capaz de considerar *cuáles son los posibles escenarios* en los que actúa el programa, y diseñar una única solución que los contemple a todos.

Soluciones

Armando palabras

En el primer caso, es posible. Por ejemplo, mediante la sucesión *amor - rosa - soda - dios - odio*.

En el segundo caso no es posible. Demostrar esto no es fácil porque cualquier argumento requiere recorrer todo el diccionario. Tal como se propone en la novela, pensar en el sentido opuesto puede ayudar: no se puede llegar de 'dócil' a 'bravo'. De hecho, no se puede llegar de 'dócil' a ninguna otra palabra; para probar esto hay que recorrer todas las palabras del diccionario y verificar que ninguna difiere de 'dócil' en una letra. Esto es tedioso, pero fácil de realizar para una computadora. Alternativamente, puede utilizarse un algoritmo que liste exhaustivamente todas las palabras a las que se puede llegar a partir de la palabra 'bravo'. Curiosamente, esta lista consta de *todas* las palabras de cinco letras, excepto unas 31 palabras, entre las cuales se encuentra 'dócil'. Proponemos al lector diseñar dicho algoritmo.

¿Cómo salís de un laberinto?

Laberinto 1: algoritmos A y C.
Laberinto 2: algoritmo C.
Laberinto 3: algoritmos A y C.

¿Puedo poner la pelotita roja en algún lugar para que el algoritmo B sirva?

Equipo de la sección 'Matemática, ilusiones y humor'

Nicolás Fernández Larrosa
Biólogo, IFIBYNE, UBA - Conicet.
fernandezlarrosanicolas@gmail.com

Juan Pablo Pinasco
Matemático, UBA - Conicet.
jpinasco@gmail.com

Rudy
Humorista
marcelorudy10@gmail.com

Nicolás Sirolli
Matemático, UBA - Conicet.
nsirolli@dm.uba.ar

Pablo Groisman
Matemático, UBA - Conicet.
pgroisma@dm.uba.ar

Nicolás Pírez (coordinador)
Neurobiólogo, IFIBYNE, UBA - Conicet.
npirez@gmail.com

Alfredo Sanzo
Ingeniero, ICC, UBA - Conicet.
alfredo.sanzo@gmail.com

Preguntas, comentarios y sugerencias:
contacto@cienciahoy.org.ar

SUSCRIBITE A CIENCIA HOY DE LOS CHICOS

¡NO TE PIERDAS EL CONOCIMIENTO DE LAS CIENCIAS!

Para suscribirte, ingresá a:
www.chicosdecienciahoy.org.ar

Tel (011) 4961 1824
chicos@cienciahoy.org.ar

CHicosdeCienciaHoy
@chicosdecienciahoy

Nicolás Bonadeo, Jefe del Departamento de Física Aplicada y Ensayos No Destructivos.

130 profesionales, 249.600 horas de investigación al año.

Desde el Centro de Investigación Industrial de Tenaris en Campana se mejoran los procesos en planta mientras se estudia e investiga el producto junto a usted. Para que pueda contar con la mejor respuesta de nuestros productos hasta en la más exigente de sus operaciones. Porque para que pueda llegar lejos, necesitamos estar más cerca.

Tecnología en el producto. Innovación en el servicio.

www.tenaris.com/argentina

Tenaris