CIENCIA HOY

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy
Volumen 29 número 172 octubre - noviembre 2020
Ejemplar en la Argentina $290

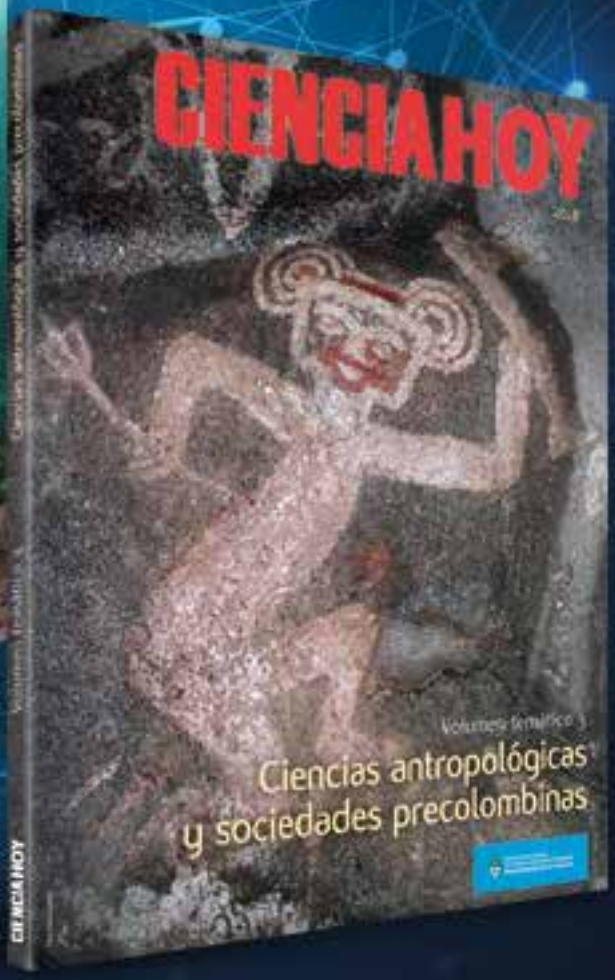
Homenaje a Ray Bradbury

Ciencia ficción y divulgación científica

Los premios Nobel 2020 | Migrantes y pandemia | Fósiles porteños
Paleogeografía | Masa madre

CIENCIA HOY

CONTINÚA CON SUS VOLÚMENES TEMÁTICOS



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

Santiago Francisco Peña
–en uso de licencia–
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*

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), María Semmartin (vicepresidente), Aníbal Gattone (tesorero), Alejandro Gangui (protesorero), Paulina Nabel (secretaria), Diego Golombek (prosecretario), Hilda Sábato, Cecilia Kunert, Galo Soler Illia y Karina Mariño (vocales).

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.

MECENAZGO

www.facebook.com/RevistaCienciaHoy

@CienciaHoyOK

Sumario

Octubre - noviembre 2020
Volumen 29 - número 172

EDITORIAL
4 La ciencia durante el confinamiento

HACE 25 AÑOS EN CIENCIA HOY
6 Volumen 5, número 30 - 1995

ESPACIO INSTITUCIONAL DEL CONICET
8 Ciencia en tu vida

12 GRAGEAS

MEMORIA DE LA CIENCIA
15 Homenaje a Ray Bradbury: ciencia ficción y divulgación científica

Según el bioquímico y escritor de ciencia ficción ruso-estadounidense Isaac Asimov (1920-1972), esta es la rama de la literatura que se ocupa de la reacción de los seres humanos ante cambios de la ciencia y la tecnología. Para Ciencia Hoy, es también un instrumento de divulgación científica usado con notable maestría por Ray Bradbury.

CIENCIA Y SOCIEDAD
17 Masa madre: de la antigüedad a la modernidad

Mariana Koppmann

En la panadería tradicional durante mucho tiempo se utilizó levadura industrial para lograr que los panes crezcan. Sin embargo, en los últimos años ha resurgido en la panadería, tanto comercial como casera, la utilización de la masa madre, una levadura natural compuesta por harina y agua. Los panes así realizados demoran más, sin embargo, presentan un perfil de sabores mucho mayor y son considerablemente más sanos y naturales.

CIENCIA EN EL MUNDO
22 Los premios Nobel 2020

ARTÍCULO
33 Ser migrante en tiempos de pandemia

Natalia Debandi y Ana Paula Penchaszadeh

Un análisis de cómo la pandemia y sus medidas asociadas afectan a las personas que se encuentran residiendo en forma temporal o permanente en países que no son el suyo, y por qué la inclusión plena de esas personas en las políticas públicas de contención sanitaria y social, más allá de las razones humanitarias que la aconsejan, podría contribuir a superar la presente crisis.

ARTÍCULO
39 Fósiles porteños

Federico L Agnolin y Horacio Padula

El subsuelo de la ciudad de Buenos Aires y de sus alrededores, como el de toda gran urbe, quedó oculto por la urbanización, la que, además, hizo perder conciencia de la suave topografía pampeana en que la megalópolis está asentada. También bloqueó el acceso al acervo paleontológico que yace bajo los pies y los edificios de los porteños, en el que se destacan los fósiles de grandes mamíferos como gliptodontes, megaterios o tigres dientes de sable, e incluye restos de invertebrados marinos.

ARTÍCULO

44 La mosca de la fruta y las drogas

Paola Ferrero

Si queremos saber qué efectos producen en el organismo y el comportamiento humanos ciertas sustancias que consumen las personas, podemos investigarlo experimentando con animales, que en tal caso se llaman *modelos animales*. El artículo explica por qué la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) es adecuada para tal propósito.

ARTÍCULO

48 Cuando Buenos Aires y Montevideo estuvieron en el polo

Augusto E Rapalini, Pablo R Franceschinis y Leda Sánchez Bettucci

Los estudios paleogeográficos tratan de establecer la posición de las diferentes áreas de la Tierra a lo largo de su historia geológica, dado que su superficie cambia con el tiempo debido a la dinámica de las placas tectónicas. El paleomagnetismo es una de las principales herramientas usadas para tal fin, pues al revelar las memorias magnéticas de las rocas permite deducir su ubicación geográfica en el tiempo cuando se formaron. Así, se pudo establecer que el bloque de la corteza terrestre en el que están asentadas Buenos Aires y Montevideo, llamado *cratón* del Río de la Plata, estaba en el polo sur hace unos 2080 millones de años.

MATEMÁTICA, ILUSIONES Y HUMOR

54 *Crossfit* cerebral #5

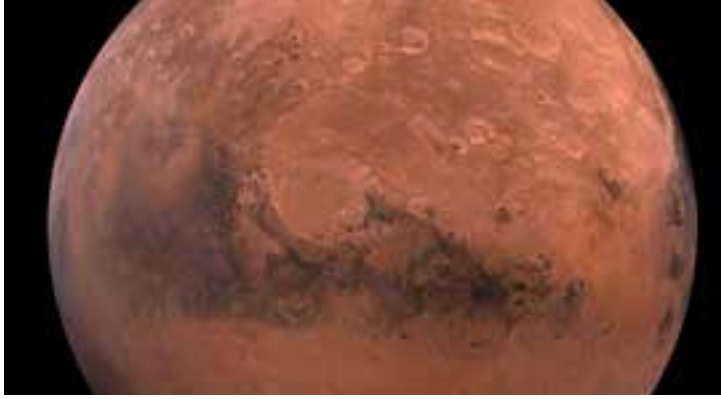
ARTÍCULO

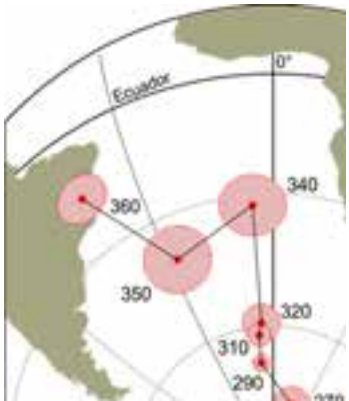
58 Pandemia, filosofía y bioética

María Luisa Pfeiffer

La pandemia que estamos atravesando puede y debe ser analizada desde un enfoque filosófico bioético, principalmente porque esta tiene la capacidad de dejar al descubierto diversas problemáticas que se relacionan con el modo en que organizamos nuestra vida en sociedad.

62 ESPACIO INSTITUCIONAL DE LA EMBAJADA DE FRANCIA - INSTITUTO FRANCO-ARGENTINO





La ciencia durante el confinamiento

Las catástrofes dejan consecuencias. Nos estamos refiriendo a aquellas que, naturales o causadas por el hombre, una vez ocurridas afectan el desarrollo de la actividad científica. Depende del área afectada si sus consecuencias resultan de poco impacto, como lo fue el desastre de Fukushima en 2011 que modificó poco la producción científica de Japón y mucho menos la mundial, o, como ejemplo contrario, el de la gripe española de 1918 que provocó un aumento excepcional de los estudios mundiales de virosis, especialmente arrastrados (¿impulsados?) por los países que la sufrieron. Otro ejemplo en esta dirección fue la Segunda Guerra Mundial que, una vez finalizada, aumentó considerablemente la inversión en física e ingeniería, campos que mantuvieron su ímpetu en las siguientes décadas de paz.

La actual pandemia de COVID-19 tiene un alcance prácticamente planetario y ya ha generado un impacto grande en la actividad científica mundial –y en la de nuestro país, por supuesto–. Lo que dejará en términos de ciencia está aún por verse claramente, aunque el tiempo transcurrido desde su repentina aparición en diciembre de 2019, hace casi un año al momento de escribirse este editorial, permite ver algunos impactos primarios.

Varios efectos observados son los que se anticipan cuando se entra en aislamiento o su versión más moderada, el distanciamiento social forzoso. Al decretarse aislamientos sorpresivos, decididos en horas, se detiene toda experimentación en curso, lo que implica la pérdida de los desarrollos activos al momento del cierre. Los laboratorios de biología, medicina –muchos de ellos con bioterios–, física, química, geología, por mencionar solo algunos, con líneas funcionando en forma continua, deben interrumpir bruscamente su actividad. Las ciencias de carácter experimental y las que necesitan salir al campo para obtener datos para su trabajo son las que más sufren este proceso y, no es aventurado anticipar, las que más van a tardar en recuperarse.

El circuito de financiamiento de la ciencia, sea privado o estatal, se ve también bruscamente alterado. Aquellos proyectos que se encontraban iniciados al momento de estallar la pandemia no pueden continuar, lo que les impide cumplir con el cronograma comprometido; consecuentemente, se afecta el avance y pertinente informe de resultados y publicación. En la mayoría de los casos no se trata solamente del retraso ocasional, sino que implica en ciertos tipos de experimentación directamente empezar de nuevo. Muchos llamados a subsidios se cancelaron o retrasaron, ya que los entes financiadores consideraron que no se podría trabajar en tiempo y forma con el llamado tradicional, y el movimiento de científicos, posdoctorados y becarios entre países se detiene también afectando a los involucrados y sus proyectos. Hubo casos de estudiantes extranjeros en la Argentina arribados durante el verano que se encontraron en una precaria situación migratoria ya que la Dirección Nacional de Migraciones detuvo sus operaciones en marzo de este año. O el de estudiantes/investigadores argentinos con posiciones en el exterior otorgadas que, al cerrarse los vuelos internacionales, pierden el empleo que tenían planeado y los ingresos con los que contaban.

La adaptación es diferente según el nivel de avance en la carrera científica: los investigadores ya formados pueden transformar la vida en el laboratorio en la vida en casa, y sus ocupaciones clásicas –escritura de artículos científicos, corrección de tesis, dictado de clases– se transportan al hogar con todas las limitaciones del caso. Pero cuando hablamos de investigadores jóvenes, posdoctorales o doctorales, cuyo avance está fuertemente ligado al trabajo manual, sea en el laboratorio o en el campo, ven hoy afectadas sus carreras y enfrentan incertidumbres para el futuro cercano. El Conicet, teniendo esto en cuenta, posibilitó la extensión de las becas doctorales a un año adicional para aquellos becarios que se encuentran en el tercer año o más, y las posdoctorales con finalización este año fueron extendidas hasta julio; posteriormente, se otorgarán nuevas prórrogas a quienes se postulen a la carrera de investigador. En tanto, los informes de los investigadores se mantienen, pero podemos preguntarnos cómo serán evaluados después de un año de circunstancias totalmente imprevisibles. Una conse-

cuencia inmediata es cómo solucionar el tema del pedido de financiamiento sin datos preliminares.

En las universidades, los investigadores tienen, además, tareas docentes. Se ha observado, tanto en la Argentina como en el mundo, un notable aumento del número de estudiantes en cursos de grado y posgrado. El tiempo vedado de experimentación o campo se convierte en tiempo dedicado a la formación, y el número de alumnos se incrementa; hay cursos de posgrado que vieron casi decuplicar su matrícula. Aumentaron también los accesos a cursos a distancia de nivel y las conferencias virtuales, muchas de ellas gratuitas.

El confinamiento ha exacerbado las diferencias de género en el ámbito científico. Según varios estudios a nivel social, las mujeres que ejercen la actividad se ven más afectadas, en términos de capacidad de producción, que sus contrapartes masculinas ya que la mayor parte del trabajo en el hogar continúa recayendo sobre ellas y la posibilidad de ayuda externa desapareció durante el confinamiento.

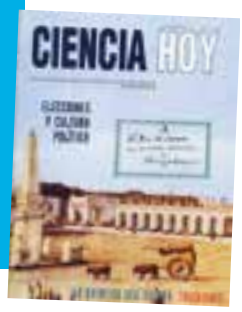
En cuanto a lo que pasará con el empleo científico, la situación es diferente y depende del país del que se trate. Aquellos países con educación universitaria solventada esencialmente por los estudiantes prevén una merma de su inscripción y ya hablan del efecto en los planteles docentes y de investigación. Australia adelantó que 7000 cargos universitarios asociados a investigación están en riesgo para el año que comenzó en septiembre, mientras que Alemania ya planeó una inversión de 17 billones de euros hasta 2030 en agencias de financiamiento de la investigación, con un incremento sustentado del 3% anual en el presupuesto. En la Argentina, la educación universitaria es pública y no debería afectar los cargos en la universidad; además, el Conicet ha hablado hasta ahora de recuperación de planta y no de disminución, aunque actualmente el salario de los investigadores ha alcanzado sus niveles históricos más bajos.

La producción de conocimiento también se vio afectada, como ya indicamos en el editorial del número 170. Ha habido un fuerte impulso al uso de los repositorios de preimpresos (*preprints*) en las ciencias biomédicas, que también se ve reflejado en una aceleración de los tiempos de aceptación de artículos en las revistas. La proporción de artículos científicos en el área de estudio de COVID es muy grande, y en cambio disminuye en áreas que hasta el año pasado pesaban mucho en la distribución porcentual, como era el caso de las neurociencias. Esto lleva a una pregunta: ¿aumentará el número de estudiantes dedicados a investigar en las ciencias biológicas, las médicas y las de biotecnología? Es temprano concluir qué ocurrirá, aunque la experiencia pasada indica que probablemente será ese el caso.

Especialistas de todas las áreas ya han comenzado a redireccionar su trabajo hacia los temas relacionados con la pandemia y sus consecuencias, la pospandemia. Y esto no se limita al campo de la biología, la medicina y la bioquímica. Físicos, químicos, informáticos, por mencionar solo algunos, ya se han volcado a producir conocimiento aplicado a esta situación. Las ciencias sociales, por otro lado, se encuentran en un momento de efervescencia en cuanto a aportar conocimiento al conjunto de problemas. La economía, el derecho y la sociología, por nombrar solo tres disciplinas, han visto sacudirse muchas de las bases que se consideraban muy sólidas, y por eso escasas en estudio, y están muy demandadas en lo que a respuestas frente a los cambios se refiere. La aparición de situaciones no exploradas, o totalmente nuevas, exige que estas sean interpretadas y analizadas para ser devueltas a la sociedad y que ella actúe frente al cambio.

Pero todo este cambio producto de una catástrofe terminará finalmente cediendo y las actividades cotidianas, así como las científicas, encontrarán un cauce nuevo de desarrollo. La pregunta es la siguiente: el reacomodamiento a circunstancias similares a las que precedieron a la pandemia ¿nos devolverá a como trabajábamos en 2019? ¿Qué cosas volverán a ser como eran y cuáles cambiarán a causa de esta catástrofe? ¿Veremos una nueva forma de hacer ciencia? Y, si es así, ¿cuán rápido nos adaptaremos? Una cosa puede afirmarse: para la ciencia 2020 será un año inolvidable. CH

HACE 25 AÑOS en CIENCIA HOY



PROCESOS ELECTORALES Y CULTURA POLÍTICA: BUENOS AIRES 1810-1850

JOSÉ CARLOS CHIARAMONTE Y MARCELA TERNAVASIO

A partir de 1821, como parte de las transformaciones sociales y políticas que se produjeron en el Río de la Plata, se formaliza el ritual electoral y se constituye una esfera política diferenciada, en la que el sufragio ocupó un sitio destacado.

Comenta Chiaramonte hoy: 'El artículo tenía por objeto mostrar cómo las elecciones del siglo XIX, pese a sus limitaciones y a sus prácticas corruptas, constituían un útil tema de investigación para comprender los mecanismos políticos de aquellas sociedades, tanto en lo que concierne a las relaciones entre diversos sectores de las elites como al propósito de asegurar la disciplina social en los sectores populares.
El arribo de contingentes de europeos durante la segunda mitad del siglo introdujo un nuevo factor de conflicto y creó un problema para la dirigencia política argentina: cómo conceder la ciudadanía a los inmigrantes sin perder el control político, que podría pasar a los sectores medios. Estos sectores, reunidos principalmente en el radicalismo, presionaban por obtener un nuevo régimen electoral. Con la Ley Sáenz Peña cambió el carácter de los procesos electorales transitoriamente, dado que a partir del golpe de Estado de 1890 retornaron a prácticas fraudulentas'.

LA INFLUENCIA AMBIENTAL EN EL CRECIMIENTO HUMANO

LUIS M GUIMAREY, FRANCISCO R CARNESE Y HÉCTOR M PUCCIARELLI

La trayectoria del crecimiento es propia de cada individuo. Si este se ve afectado por desnutrición calórico-proteica crónica, se producen cambios en su relación peso/estatura, fenómeno que estaría vinculado con las posibilidades de supervivencia de niños con carencias nutricionales.

Escribe ahora Guimarey: 'En el artículo original se describe el crecimiento humano y se muestran las curvas de crecimiento y las alteraciones inducidas por factores del ambiente –principalmente la nutrición–. Estas alteraciones implican la recanalización de la curva de crecimiento y la modificación de las proporciones corporales (relación entre la longitud del tronco y la de los miembros inferiores), así como de la relación peso/talla; estas nociones son básicas para el diagnóstico antropométrico del estado nutricional. También se aborda el concepto de tendencia secular del crecimiento debido a acción ambiental. La forma expuesta de interpretar el crecimiento mantiene, en la actualidad, plena vigencia; no obstante, en las últimas décadas, el desarrollo de la teoría epigenética es un aporte fundamental a la explicación molecular de los fenómenos descriptos'.

Visita nuestros archivos en www.cienciahoy.org.ar

LA QUIMERA DEL TIEMPO: COMUNICACIÓN ENTRE RELOJES BIOLÓGICOS

DIEGO A GOLOMBEK

¿Qué sucede si se coloca más de un reloj biológico en un organismo? La pregunta está en vías de encontrar respuesta mediante el estudio de animales quiméricos (o animales con tejidos de distinta constitución genética).

Comenta Golombek en estos momentos: 'Al trasplantar tejido con un reloj biológico en otro organismo que porta el suyo propio se producen interacciones entre ambos relojes que se advierten en el comportamiento rítmico del individuo. Se observan dos componentes con períodos diferentes, correspondientes a cada reloj. Hoy sabemos que existen relojes periféricos a lo largo del cuerpo, cada uno con función local y coordinados mayormente por el reloj central localizado en los núcleos supraquiasmáticos del hipotálamo. La sincronización de estos relojes entre sí, y a su vez con el ambiente externo –luz, temperatura, alimentación– permite una cronobiología robusta que en estos veinticinco años se ha asociado con un adecuado estado de salud'.

LA SIERRA DE LA VENTANA: UNA ISLA DE BIODIVERSIDAD

MARIA JULIA KRISTENSEN Y JORGE LUIS FRANGI

Milenios de evolución han creado una importante biodiversidad en una de las pocas áreas de la región pampeana que conservan buena parte de las características naturales anteriores a la alteración causada por la agricultura y la ganadería de los inmigrantes europeos.

NÉCTAR: LA REALIDAD DEL MITO

LUIS BERNARDELLO Y LEONARDO GALETTO

El néctar es una secreción azucarada, producida por las plantas más evolucionadas, que actúa como recompensa floral, o medio de atraer animales cuya acción da lugar al traslado del polen del androceo al gineceo y a la fecundación de la planta.

TAQUIONES

ERASMO RECAMI, WALDYR A RODRIGUES JR Y MARISA TENÓRIO VASCONSELOS

La velocidad de la luz en el vacío ¿constituye el límite superior de todas las velocidades en el universo, como lo sugiere la teoría especial de la relatividad? Resultados experimentales recientes parecen replantear la posible existencia de objetos que se desplazan más rápido que la luz.

No existe aún evidencia experimental sobre la existencia de taquiones. En 2011 un experimento realizado en el CERN, denominado OPERA, anunció haber medido neutrinos que viajaban más rápidamente que la luz. En 2012 la misma institución rectificó lo anterior.

NOTICIAS INSTITUCIONALES

NEOKIT e Y-TEC concretan la primera exportación de tests para COVID-19

Luego de garantizar la producción para cubrir de modo prioritario la demanda del sistema público de salud y los mercados de Argentina, el test de desarrollo nacional se expande a diferentes países del continente.

NEOKIT, empresa nacional creada por investigadores del CONICET en el Instituto Milstein y el Laboratorio Pablo Cassará, junto a Y-TEC, firmó el primer acuerdo para la exportación del test para la detección del COVID-19. La partida inicial de este test será de 7.000 unidades y tendrá como destino Panamá. Además, hay gestiones para expandir las ventas en diferentes países del continente, entre la que se destaca la reciente obtención del registro que habilita la comercialización en Canadá.

De esta manera, un desarrollo argentino, que se enmarca dentro de las acciones que viene llevando a cabo la "Unidad Coronavirus COVID-19" del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación, se pone a disposición del combate de la pandemia en la región, reflejando el potencial del sistema científico y tecnológico local para insertarse en nuevos mercados.

Acerca del NEOKIT-COVID-19

NEOKIT-COVID 19 es un test para la detección de Coronavirus de alta confiabilidad, facilidad de uso, rapidez de diagnóstico y menor costo. Es producido en el país a través de un acuerdo entre NEOKIT, empresa argentina creada por investigadores del CONICET en el Instituto Milstein y el laboratorio Pablo Cassará, e Y-TEC, la empresa de tecnología de YPF y el CONICET.

Hace un mes, se avanzó en la producción y comercialización masiva del producto para cubrir de modo prioritario la demanda del sistema público de salud y los mercados privados de Argentina. Garantizada esa demanda, se obtuvo el permiso de exportación por parte del Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.■

NEOKIT-COVID 19 es un test de producción nacional, de alta confiabilidad, facilidad de uso, rapidez de diagnóstico y bajo costo.

NOTICIAS INSTITUCIONALES

El MINCYT conformó la "UNIDAD CIENCIA y TECNOLOGÍA CONTRA EL HAMBRE"

Está integrada por la cartera de Ciencia, el CONICET y Agencia I+D+i y tiene como objetivo coordinar acciones para promover la incorporación del conocimiento científico-tecnológico existente a políticas públicas. Dentro de las acciones principales se destaca la convocatoria "Ciencia y Tecnología contra el Hambre".

A través de la resolución RESOL-2020-341-APN-MCT y tras un encuentro encabezado por el ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación, Roberto Salvarezza; la presidenta del CONICET, Ana Franchi; el presidente de la Agencia I+D+i, Fernando Peirano, y el Subsecretario de Coordinación Institucional del MINCyT, Pablo Nuñez, quedó conformada la "UNIDAD CIENCIA y TECNOLOGÍA CONTRA EL HAMBRE", integrada por los respectivos organismos.

Esta Unidad tiene como objetivo primordial coordinar acciones para promover la incorporación del conocimiento científico-tecnológico existente a políticas públicas y desarrollos del sector público y privado, relacionadas con el tratamiento de la problemática del hambre y la malnutrición en el país, en virtud de contribuir desde el sistema de ciencia y tecnología al cumplimiento de los objetivos del Plan Argentina contra el Hambre y políticas públicas afines.

Dentro de las acciones llevadas a cabo, se destaca la convocatoria "Ciencia y Tecnolo-

gía contra el Hambre", que fue presentada días antes por el jefe de Gabinete, Santiago Cafiero, en un acto en el Salón Norte de Casa Rosada. La misma apunta a contribuir desde el sector científico-tecnológico a potenciar las acciones públicas que busquen revertir problemáticas como la malnutrición infantil, la emergencia alimentaria y la pobreza en todo el territorio nacional, y cuenta con financiamiento del Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) a través de la Secretaría de Asuntos Estratégicos (SAE).

En la reunión, Salvarezza sostuvo que "esta Unidad nos va a permitir encarar una serie de acciones y sumar conocimiento a problemáticas que consideramos muy importantes en el contexto que hoy estamos tratando. Con la convocatoria buscamos fortalecer la integración del conocimiento y de los desarrollos tecnológicos y sociales vinculados a soluciones para el acceso a la alimentación y al agua segura, así como al abordaje de la vulnerabilidad socio-ambiental, a la planificación nacional y local de las acciones comprendidas en el Plan Nacional "Argentina contra el Hambre".

Por su parte, la presidenta del CONICET aseguró que "estos son los momentos históricos donde la integración de la ciencia y la tecnología tienen como prioridad responder a necesidades sociales urgentes. Cuando es necesario concentrar esfuerzos en un contexto heredado de pobreza, desnutrición y emergencia ambiental".

"Frente a la crisis que enfrentamos, nuestra respuesta -como hicimos ante el coronavirus- es articular y armonizar nuestras capacidades científicas y tecnológicas y aportar soluciones. Esto demuestra el rol decisivo de los organismos públicos, cuando la sociedad reclama su presencia y el Estado asume el compromiso de no desamparar a ningún argentino. Aquí estamos", concluyó Franchi.

El titular de la Agencia I+D+i, expresó que "cuando los fondos del Estado se destinan a atender una necesidad a través de la coordinación y la aplicación de ciencia y tecnología, el impacto se multiplica. Nuestro gobierno busca impulsar, frente a la crisis que enfrenta nuestra sociedad, una reconstrucción a partir de una regla: cuidar a los argentinos en un sentido amplio. Cuidar la salud, los ingresos, las empresas y las fuentes de trabajo. Y con vocación de hacerlo revirtiendo la exclusión: la prioridad es atender primero a los últimos para asegurarnos de incluir a todos".

Para finalizar, el subsecretario de Coordinación Institucional del MINCyT hizo hincapié en los objetivos y las modalidades de la convocatoria: "El objetivo es focalizar e integrar las capacidades del sistema científico y tecnológico a políticas públicas enmarcadas en el Plan Nacional Argentina contra el Hambre a través de tres modalidades: tecnología y producción de alimentos, tecnologías para el acceso al agua y saneamiento, y proyectos de investigación y desarrollo orientado. Esto permitirá fortalecer el impacto de la ciencia y la tecnología en articulación con el sector productivo y con la coordinación de las prioridades del Estado Nacional, para contribuir a revertir problemáticas como la malnutrición infantil, la emergencia alimentaria y la pobreza en todo el territorio nacional".

Franchi, Peirano, Salvarezza y Nuñez.

CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Por el calentamiento global, los árboles crecen más rápido pero mueren antes

A esta conclusión arribó un grupo internacional de científicos en el que participaron investigadores del CONICET.

Por **Leonardo Fernández**

Luego de analizar más de 200 mil registros de anillos de árboles de 82 especies de todo el mundo, un grupo internacional de científicos arribó a la conclusión de que el calentamiento global y las altas emisiones de dióxido de carbono (CO_2) están haciendo crecer más rápido los árboles, pero a su vez, que mueran antes que los de crecimiento lento.

Esto representa un gran impacto en la dinámica del ciclo del carbono a escala global ya que el CO_2 almacenado en los bosques se liberaría nuevamente a la atmósfera antes de lo previsto.

"Los bosques representan uno de los sumideros más importantes de carbono en la superficie del planeta. Dado que el CO_2 es el principal componente de los gases de efecto invernadero (GEI), es muy importante que los bosques lo retengan en su estructura y no sea liberado a la atmósfera. Si aumenta el contenido de estos gases, aumenta la cantidad de radiación retenida por la atmósfera, y se intensifican el calentamiento glo-

bal y su impacto en los sistemas naturales y las actividades socio económicas", explica Ricardo Villalba, investigador superior del CONICET en el Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA, CONICET - UNCUYO - Gob. Mza.).

Diversas investigaciones indican que el aumento de CO_2 favorece, a través de un aumento en la eficiencia del uso del agua, el crecimiento de los árboles y por ello la acumulación más rápida de carbono en los bosques. Por este motivo, una de las medidas propuestas globalmente para reducir o retrasar el aumento de CO_2 en la atmósfera es incrementar y hacer más extensivas la forestación y la re-forestación de áreas de bosques degradados. Sin embargo, el estudio presentado por los investigadores, y publicado en la revista Nature Communications, muestra que los árboles que crecen más rápido tienen una vida más corta.

"Los resultados del estudio cuestionan la efectividad de las reforestaciones de rápido crecimiento favorecidas por el incremento de dióxido de carbono en la atmósfera como fuentes de almacenamiento de largo plazo del CO_2 atmosférico. Efectivamente este compuesto será capturado por los nuevos árboles, pero si su crecimiento es rápido morirán antes y el CO_2 retornará a la atmósfera. En otras palabras, los bosques no tendrán el efecto de un sumidero de carbono de muy largo plazo. La retención de carbono, fundamentalmente en el tronco y la raíz de los árboles, no tendrá un resultado de siglos o milenios", agrega Lidio López, investigador adjunto del CONICET en el mismo instituto e integrante del estudio.

Es la primera vez que se realiza un análisis de este tipo a escala global. El estudio incluyó especies forestales de todos los rincones del planeta, incluidos los bosques tropicales.

"Las conclusiones de nuestro estudio, que implican una reducción considerable del efecto de sumidero de carbono por parte de los bosques en el futuro, aumentan aún más la urgencia de frenar las emisiones de gases de efecto invernadero. Los seres humanos se han beneficiado en las últimas décadas de la capacidad de los bosques para almacenar cada vez más carbono y reducir la tasa de acumulación de CO_2 en la atmósfera. Sin embargo, es probable que esto se modifique a medida que los árboles de crecimiento lento y persistente sean reemplazados por árboles de crecimiento rápido, más vulnerables a los cambios ambientales", concluye Villalba.

Referencia bibliográfica

BRIENEN, R.J.W., CALDWELL, L., DUCHESNE, L. *et al.* "Forest carbon sink neutralized by pervasive growth-lifespan trade-offs". Nature Communications 11, 4241 (2020). *https://doi.org/10.1038/s41467-020-17966-z*

Sobre investigación

R. J. W. Brienen, Universidad de Leeds. L. Caldwell, Universidad de Leeds. L. Duchesne, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche. S. Voelker, SUNY-ESF, Syracuse. J. Barichivich, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. M. Baliva, Universidad de Tuscia. G. Ceccantini, Universidad de São Paulo. A. Di Filippo, Universidad de Tuscia. S. Helama, Natural Resources Institute Finland. G. M. Locosselli, Universidad de São Paulo. L. Lopez, IANIGLA, CONICET. G. Piovesan, Universidad de Tuscia. J. Schöngart, Coordinación de Dinámica Ambiental (CODAM). R. Villalba, IANIGLA, CONICET. E. Gloor, Universidad de Leeds.

Vista del valle del Río Frías. El bosque está integrado mayormente por especies longevas de crecimiento reducido. Foto: gentileza investigadores.

CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

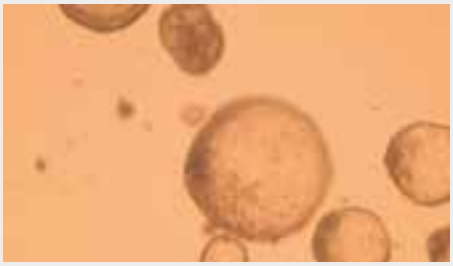
Logran clonar por primera vez embriones de cebra

El objetivo es preservar la información genética de especies silvestres que se encuentran amenazadas o en peligro de extinción. Un investigador del CONICET encabezó la investigación.

Por **Miguel Faigón**

En el marco de un trabajo en equipo, del que participaron investigadores y becarios del CONICET, la Universidad de Buenos Aires (UBA) y la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), y que contó con el apoyo de la Fundación Temaikén, se clonaron por primera vez embriones de cebra. El proyecto fue dirigido por Andrés Gambini, investigador del CONICET en el Departamento de Producción Animal de la Facultad de Agronomía de la UBA (FAUBA), y los resultados obtenidos fueron dados a conocer en la revista *Plos One*.

"Lo que nosotros demostramos es que se posible utilizar el óvulo de yegua, al que se le suprime el ADN, para reprogramar una célula de piel de una cebra que conserva la información genética de sus dos progenitores y, a través de un proceso de clonación, generar embriones de cebra de buena calidad. Estos embriones mostraron un muy buen desarrollo hasta el día siete, momento en el que podrían ser transferidos a la hembra



Embriones de clones de cebra. Foto: gentileza investigador.

Fertilización in vitro mediante la técnica ICSI. Foto: gentileza investigador

de un animal receptor para su gestación", explica Gambini. Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Biotecnología Animal de la FAUBA, dirigido por el investigador del CONICET Daniel Salamone, quien también formó parte del trabajo junto a los becarios doctorales del CONICET, Olinda Briski, María Belén Rodríguez y Matteo Duque.

El equipo que participó de este proyecto cuenta con una importante experiencia en el desarrollo de biotecnologías reproductivas, aplicadas sobre todo a la producción de caballos domésticos. De hecho, en agosto de 2010, en el marco de un proyecto que fue parte de la tesis doctoral de Gambini, el laboratorio dirigido por Salamone anunció el nacimiento del primer clon equino de Latinoamérica, al cual bautizaron BS Ñandubay Bicentenario. De acuerdo con los cálculos de Gambini, hoy en la Argentina existen más de 350 clones de caballo doméstico nacidos.

En el caso del presente proyecto, la idea fue aprovechar los conocimientos adquiridos y las tecnologías desarrolladas en la producción de una especie de interés comercial, para extrapolarlos a la generación de embriones de animales salvajes, que sean parientes cercanos de los caballos y que se encuentren amenazados o en peligro de extinción, tal como ocurre con ciertas especies de cebras, burros y caballos silvestres.

"La idea sería armar un banco donde se preserve el material genético de estos animales, y en el momento que sea adecuado, poder, con alguna biotecnología, reintroducir la genética de una población silvestre determinada. Vale la pena aclarar que se trata de un herramienta biotecnológica que tiene sentido solo dentro de un plan de conservación más amplio, no es que podamos simplemente ponernos a clonar individuos de especies amenazadas para evitar que se desaparezcan", señala el investigador.

Hay que tener en cuenta que conseguir el material genético de animales salvajes para su clonación no es una tarea sencilla. En este caso, las células del ejemplar macho de cebra que se usaron para el experimento fueron provistas por la Fundación Temaikén en 2014. Con estas pocas células, tomadas de un pequeño pedazo de piel del animal, los investigadores hicieron un cultivo celular *in vitro*, al que luego pusieron criopreservar en nitrógeno líquido.

Por otro lado, gracias a la colaboración de Ana Flores Bragulat, becaria doctoral del CONICET en el Departamento de Producción Animal de la Facultad de Agronomía Veterinarias de la UNRC, a su director de tesis, Luis Losinno, y a la ayuda de un frigorífico equino de la provincia de Córdoba, pudieron obtener los óvulos de yegua con los que se realizaron los ensayos.

"Un dato importante a considerar es que ya se ha demostrado, gracias a ensayos *in vivo* que realizaron otros grupos, que las yeguas domésticas son capaces de gestar embriones de cebra. Aunque en dichos experimentos no se usaron clones, nosotros creemos que, dada la alta calidad de los embriones que obtuvimos, en caso de los que los transfiriéramos a una yegua el resultado sería igual de exitoso" afirma Gambini.

Producción de embriones de cebrallo para testear semen de cebra

Una segunda parte del trabajo publicado en *Plos One* da cuenta de que el equipo de investigación, además de poder clonar embriones equinos, logró obtener, por primera vez a nivel laboratorio, embriones híbridos de una cruza entre caballo domésticos y cebra (cebrallo), a través de una técnica de fertilización *in vitro* conocida como inyección intracitoplasmática del espermatozoide (ICSI, por sus siglas en inglés).

"Aunque este tipo de híbridos ya se habían podido obtener *in vivo* a través de la inseminación artificial de yeguas con semen de cebras -que da como resultado el nacimiento de animales similares al caballo doméstico, pero con un patrón de rayas- hasta ahora nunca se habían obtenido embriones de cebrallo a través de una técnica de fecundación *in vitro* en un laboratorio. Los híbridos reúnen la información genética de dos especies distintas y son estériles por incompatibilidad cromosómica", indica el investigador.

De acuerdo con Gambini, la ventaja que ofrece ICSI en relación con la inseminación artificial *in vivo* es que permite seleccionar previamente los espermatozoides que se microinyectan en el óvulo de la yegua. "Esta técnica se utiliza mucho en humanos en clínicas de fertilidad. Nosotros ya la habíamos probado en equinos puros con muy buenos resultados, y es frecuente su uso, sobre todo en Europa y los Estados Unidos, para producir caballos domésticos de competición", acota.

Es importante aclarar que en el caso de la producción embriones de cebrallo a través de la ICSI, a diferencia de lo que pasaba en el caso de la clonación de embriones de cebra -en el que al óvulo de la yegua se le suprimía la información genética-, el óvulo fertilizado conserva su ADN original.

El semen de cebra que se utilizó para este experimento pertenece al mismo ejemplar del que se tomaron las células epidérmicas para el ensayo de clonación, y también fue cedido por la Fundación Temaikén en 2014 para su criopreservación.

"Aunque en términos de conservación, la producción de híbridos no parece justamente algo deseable, dado que puede generar algunas complicaciones en el mantenimiento de la genética de las diferentes especies, nosotros nos valemos de estos ensayos para poder testear el semen de cebra, para saber si se podrían eventualmente utilizar óvulos de cebras hembras muertas. En este caso puntual, nosotros pudimos demostrar que espermatozoides criopreservados de cebra pueden producir embriones de calidad al ser microinyectados en óvulos de yegua", concluye Gambini.■

Referencia Bibliográfica

GAMBINI, A., DUQUE RODRÍGUEZ, M., RODRÍGUEZ, M. B., BRISKI, O., FLORES BRAGULAT, A. P., DEMERGASSI, N., … & SALAMONE, D. F. (2020). Horse ooplasm supports in vitro preimplantation development of zebra ICSI and SCNT embryos without compromising YAP1 and SOX2 expression pattern. *PLOS ONE, 15*(9), e0238948.

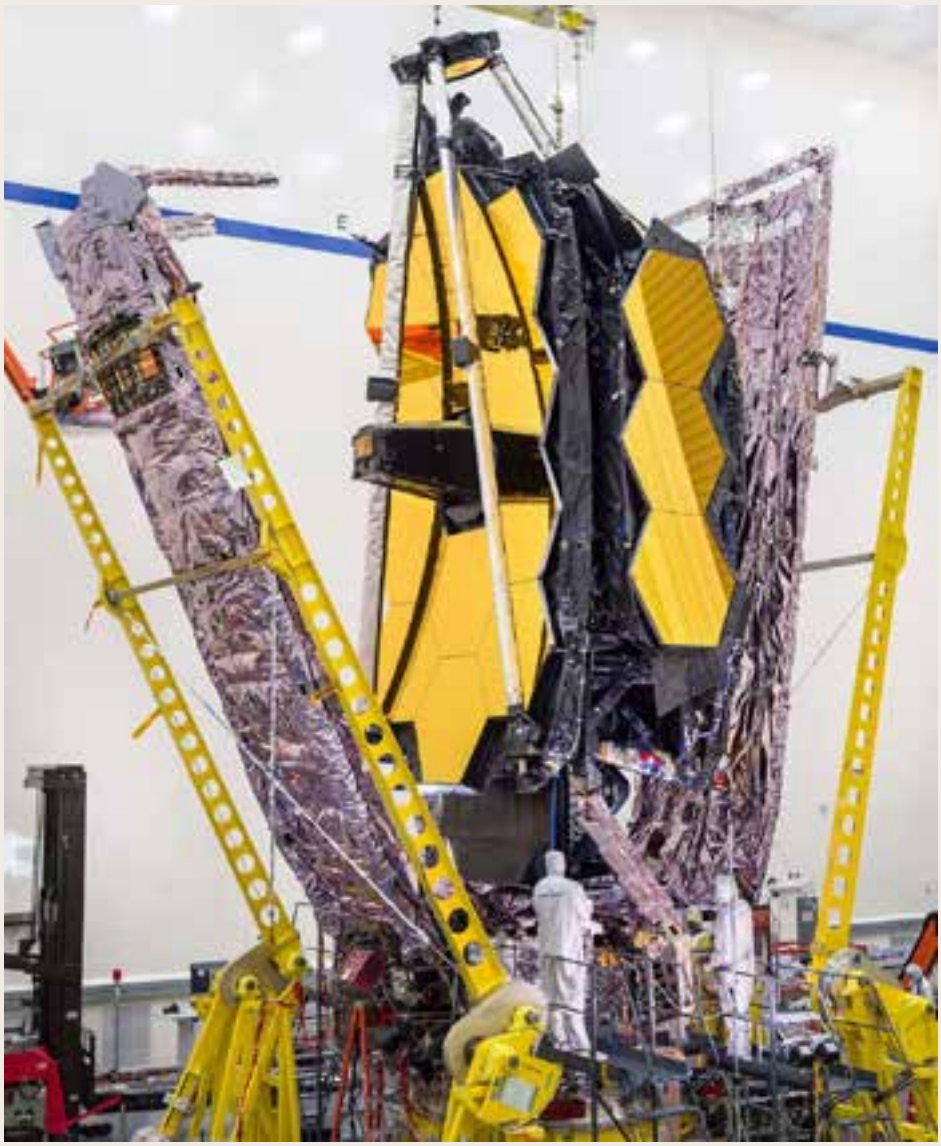
Sobre investigación:

Andrés Gambini, Investigador asistente, FAUBA. Matteo Duque Rodríguez, Becario doctoral, FAUBA. María Belén Rodríguez, FAUBA. Olinda Briski, Becaria doctoral. Ana P. Flores Bragulat, Becaria doctoral, FAV (UNRC). Natalia Demergassi, Fundación Temaikén. Luis Losinno, FAV (UNRC). Daniel Salamone, Investigador principal, FAUBA.

¿Es posible la vida sin el calor del Sol?

En los últimos años la ciencia exoplanetaria, dedicada al estudio de planetas y otros cuerpos ubicados más allá del sistema solar, viene investigando las condiciones que pudieran hacer habitable a uno de tales planetas. Por mucho tiempo se los buscó en zonas relativamente cercanas a estrellas –tanto semejantes como diferentes del Sol– en cuya superficie, por lo menos teóricamente, pudiese existir agua. Esas regiones se denominaron *zonas habitables*. Pero ¿qué ocurriría si eliminamos la incidencia de luz solar? ¿Sería posible que existiera un planeta habitable sin una estrella como fuente de calor? En tiempos más recientes, esta búsqueda de posibles lugares que puedan albergar vida se extendió a cuerpos fuera de las zonas habitables, por ejemplo, a planetas congelados con océanos bajo su superficie, asteroides o planetas que flotan libremente sin pertenecer a ningún sistema estelar.

Recientemente un grupo de investigadores, que publicó sus resultados en *The Astrophysical Journal Letters*, analizó las condiciones en las que un planeta que no recibiese luz solar podría obtener el calor necesario para albergar solventes líquidos en su superficie a partir del decaimiento de elementos radiactivos. Dichos científicos se centraron en analizar el papel que podría desempeñar tal fuente de calor en función del tamaño, de la edad y de la abundancia de elementos radiactivos de esos planetas. Incluso analizaron las posibilidades de detectar este tipo de cuerpos celestes utilizando el telescopio espacial James Webb, el sucesor del Hubble, a lanzarse en el segundo semestre de 2021.



Telescopio espacial James Webb, construido por la NASA y las agencias espaciales europea y canadiense, en las etapas finales de su construcción y prueba en el Space Telescope Science Institute, en Baltimore, Maryland. Foto Chris Gunn, NASA.

La primera cuestión que analizaron en su publicación fue la probabilidad de tener un planeta habitable con solventes líquidos como agua, amoníaco o etano, los tres capaces de dar lugar a reacciones bioquímicas. La segunda fue establecer qué radionucleidos podría haber en un planeta de tales carac-

terísticas, y consideraron que ellos podrían ser el uranio-238, el torio-232 y el aluminio-26, los dos primeros con largo tiempo de decaimiento y el tercero con tiempo de decaimiento mucho menor. Su análisis los llevó a concluir que planetas con una abundancia de esos radionucleidos aproximadamente mil veces mayor que la de la Tierra podrían generar el calor suficiente para que existiesen solventes líquidos en su superficie y, más aún, que tales solventes se mantengan el tiempo suficiente para que se desarrolle la vida, suponiendo que la evolución de esta requiriese un tiempo similar a la que necesitó en la Tierra.

Las condiciones así definidas implican dosis de radiación cientos de veces más altas que las padecidas por los residentes de Chernobyl durante el accidente de 1986. ¿Permitirían dichas condiciones el desarrollo de la vida? Para organismos multicelulares como los que conocemos, tanto animales como plantas, la respuesta sería no. Sin embargo, se sabe de la existencia en nuestro planeta de microorganismos, denominados *extremófilos*, que soportan condiciones extremas. A ese grupo pertenecen, entre otros, las bacterias *Deinococcus radiodurans*, que soporta dosis altas de radiación, y *Desulforudis audaxviator*, que obtiene sus requerimientos energéticos indirectamente de la radiación.

Si bien aún no se conocen planetas que reúnan las condiciones definidas, los investigadores sugieren que el centro de la Vía Láctea donde la colisión de estrellas de neutrones produce altos niveles de elementos pesados, como el uranio y el torio, es un buen punto para iniciar su búsqueda e incluso han identificado dos regiones del cosmos que, a pesar de estar a grandes distancias, se encuentran lo suficientemente cerca para que sean analizadas por el telescopio espacial James Webb. CH

Federico Gascue
fgascue@fbmc.fcen.uba.ar
Mayra Manente
mayra.manente@bue.edu.ar

Más información en LINGAM M & LOEB A, 2020, 'On the habitable lifetime of terrestrial worlds with high radionuclide abundances', *The Astrophysical Journal Letters*, 889, 20: 1-5. DOI 10.3847/ 2041-8213/ab68e5

Transferencia horizontal de genes y la colonización del medio terrestre por las plantas

A partir del enfriamiento y la consolidación de la corteza terrestre, por cientos de millones de años (Ma) la superficie de nuestro planeta consistió de rocas estériles y desagregados finos precursores de suelos o *protosuelos*, moldeados por microorganismos. Las primeras plantas terrestres habrían aparecido unos 500Ma antes del presente, en la era paleozoica (541-252Ma). La proliferación de las plantas contribuyó al descenso de los niveles de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera y al aumento de los de oxígeno, lo cual generó un hábitat propicio para la aparición de otros grupos de seres vivos. Las plantas terrestres o *embriofitas* comprenden a las *briofitas*, como los musgos, y las *plantas vasculares*, que incluyen helechos y plantas con semilla (*angiospermas* y *gimnospermas*).

La conquista del medio terrestre tuvo lugar gracias a las adaptaciones morfológicas que permitieron a estos organismos existir en el medio gaseoso. Un estudio reciente, citado al final, sugiere que un grupo de algas verdes de estructura simple, conocidas como *algas conjugadas* (*Conjugatophyceae* y *Zygnematophyceae*) y todas las plantas terrestres tuvieron un ancestro común que, mucho antes de que las plantas conquistaran la tierra, vivió en un ámbito intermedio entre el acuático y terrestre, o medio *subaéreo*. Esto se contrapone con la hipótesis tradicional de que las embriofitas comparten un ancestro común con algas de organización más compleja, como las carofíceas (*Charophyceae*).

Para llegar a esta conclusión, los responsables de dicho estudio secuenciaron el genoma de dos especies de algas conjugadas (*Spirogloea muscicola* y *Mesotaenium endlicherianum*) que comparten su hábitat con musgos. Al comparar su ADN con el de diversas plantas terrestres, identificaron genes presentes y ausentes en ambos grupos. Los solo presentes en las plantas terrestres, es decir, solo aparecidos en la evolución con estas y luego diversificados con los procesos de selección natural, desempeña-

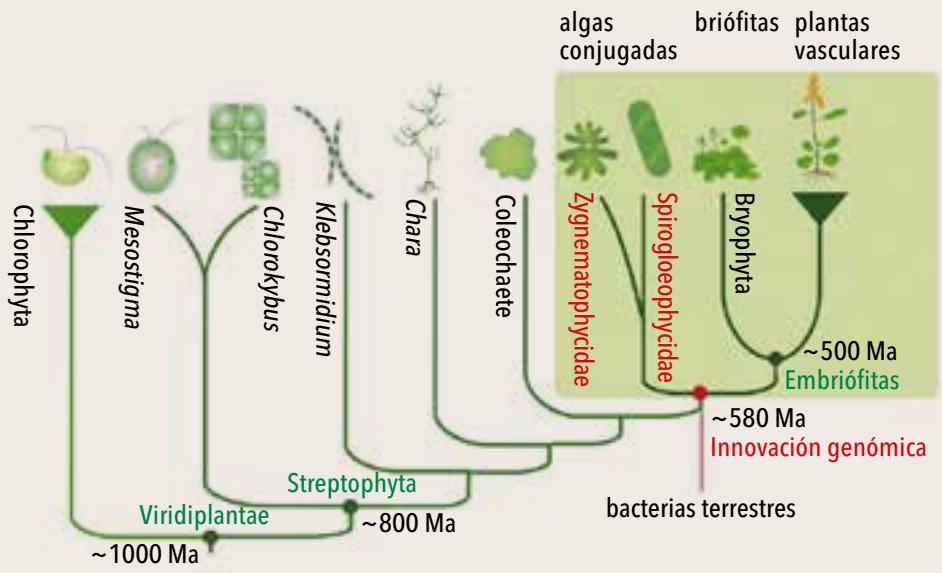


Diagrama hipotético que sintetiza las relaciones entre las embriofitas y diversos grupos de seres vivos acuáticos. El punto rojo indica el ancestro común que comparten las embriofitas y las algas conjugadas, las cuales habrían recibido genes de bacterias terrestres por transferencia horizontal. Adaptado de *Cell*.

ron un papel fundamental en el desenvolvimiento y la expansión de ese grupo. Otros genes, adquiridos tempranamente por el ancestro común de las plantas terrestres y las algas conjugadas, resultaron indispensables para la fisiología de las plantas, pues regularon su proceso de crecimiento y sus defensas contra factores adversos, entre ellos organismos patógenos y condiciones ambientales como la desecación. Las plantas terrestres tienen también genes que condujeron al crecimiento de *micorrizas*, unas asociaciones simbióticas con hongos específicos del suelo que podrían haber permitido a dichas plantas obtener nutrientes de la tierra para sobrevivir. Las algas conjugadas de hábito acuático carecen de ellas.

Los autores del estudio comentado suponen que muchos de los genes esenciales para la vida fuera del agua se habrían adquirido por *transferencia horizontal* entre bacterias terrestres y el ancestro común de las plantas terrestres y algas conjugadas. La transferencia genética horizontal o lateral es un mecanismo frecuente entre microorganismos unicelulares, y entre estos últimos y los pluricelulares. A diferencia de la transferencia vertical, que es el pasaje de genes de ancestros a su descendencia, la horizontal es el movimiento de genes entre organismos de distintos grupos. En este segundo caso, la transferencia habría ocurrido entre bacterias terrestres y el ancestro común de las plantas terrestres y las algas conjugadas, aunque estuvieran biológicamente muy poco relacionados. Se estima que tal transferencia podría haber acontecido hace alrededor de 580Ma. CH

Sol Noetinger
noetinger@macn.gov.ar

Más información en CHENG S *et al.*, 2019, 'Genomes of subaerial *Zygnematophyceae* provide insights into land plant evolution', *Cell*, 179, 5: 1057-1067.

PICHONES

Los pichones de las aves se pueden categorizar en dos grandes grupos (y todas las gamas intermedias) nidícolas y nidífugos. Los pichones nidícolas nacen pelados, ciegos, y desnudos y dependen completamente de sus padres para que los alimenten y les den calor. Al nacer, permanecen en el nido durante todo el período inicial del desarrollo. Los pichones nidífugos, en cambio, nacen con plumón, ojos abiertos, y listos para salir a pasear. Los pollitos de las gallinas, y pichones de los patos y de los teros, entre otros, son nidífugos. Los jacanas (*Jacana jacana*), como los de la ilustración, habitan áreas cercanas a cuerpos de agua. Caminan por la vegetación flotante, ayudados por dedos y uñas súper largas que les permiten distribuir el peso. **Irene Negri**

Homenaje a Ray Bradbury

Ciencia ficción y divulgación científica

Cuando Ray Bradbury (1920-2012) murió en Los Ángeles, California, el cronista de *The NewYork Times* que escribió el obituario aparecido en ese diario el 7 de junio de 2012 habló de sus 'imaginativas y líricas evocaciones del futuro' y lo presentó como 'el escritor más responsable de traer la ciencia ficción moderna a la corriente central de la literatura'. Agregó que su nombre aparecería en los primeros lugares de cualquier lista de los mayores escritores de ciencia ficción del siglo XX.

A los editores de Ciencia Hoy, hacerle un homenaje en el centenario de su nacimiento les ayuda a tener presente que la ciencia ficción de calidad es también un instrumento de divulgación científica, uno particularmente difícil de manejar con maestría por los autores pues hacerlo requiere sumar al talento literario una comprensión esencial de los complejos mundos que exploran las ciencias.

En otras palabras, no hay una sola manera de llevar algo del conocimiento científico a quienes por educación o profesión son ajenos a él. La elegida por esta revista –que los propios investigadores lo transmitan al público en lenguaje no técnico, y que no quieran explicar todo lo que saben sino solo lo que el lector pueda entender– tiene para la mayoría de los autores la gran dificultad de exigirles hacer un uso del idioma al que no están acostumbrados. Otra manera de divulgar la ciencia es la usada por la prensa general y consiste en ponerla a cargo de periodistas profesionales. Estos deben enfrentar el obstáculo inverso: descubrir sin ser científicos la índole y los alcances de las ideas que manejan los investigadores, particularmente las nuevas, que son las que más interesan.

Por su lado, la ciencia ficción, quizá más que una forma de divulgación científica, sea un incentivo o una invitación (por no decir una provocación) a interesarse por esta. Además, como lo señaló el astrónomo y divulgador de

¿DE QUÉ SE TRATA?

¿Por qué Ciencia Hoy incluye en sus páginas a un escritor estadounidense que cultivó entre otros géneros la ciencia ficción, fue traducido a 36 lenguas, y cuya primera obra en castellano salió en 1955 en Buenos Aires?

Imagen de Marte reconstituida digitalmente uniendo –según las leyes de la perspectiva fugada– un mosaico de fotografías tomadas en 1980 por la sonda Viking Orbiter. Muestra cómo se vería desde una nave espacial el hemisferio Schiaparelli de Marte en el temprano verano boreal de ese planeta. El procesamiento digital de las fotografías incluyó intensificar y normalizar sus colores. Marte está unas 1,5 veces más alejado del Sol que la Tierra, su diámetro es alrededor del 53% del de nuestro planeta, su gravedad es 0,375 de la nuestra y su año dura 687 días terrestres. Cerca del centro de la imagen, sobre el ecuador del planeta, se advierte el cráter Schiaparelli, que mide unos 460km de diámetro y rememora al astrónomo italiano Giovanni Virginio Schiaparelli (1835-1910), un pionero de la exploración marciana. Foto NASA/JPL/USGS

la ciencia neoyorquino Carl Sagan (1934-1996): 'Muchos científicos profundamente comprometidos con la exploración del sistema solar (incluido yo mismo) se encontraron inicialmente apuntados en esa dirección por la ciencia ficción'. Esta, en adición, tiene otra faceta que la distingue: es un camino hacia la apreciación literaria que puede atraer a quienes habitan el mundo de las ideas científicas e ignoran otras formas de aproximación a la realidad. Es una forma de divulgación literaria para mentes científicas.

En concordancia con lo anterior, nuestro homenaje no toma la disposición habitual de un artículo o un ensayo sino la de una fotografía, que el lector ve en esta página. Es una alusión directa al libro *Crónicas marcianas*, publicado en 1950 y cuya primera edición en castellano, de la recién fundada editorial Minotauro, salió en Buenos Aires en 1955 en traducción de Francisco Porrúa y con prólogo de Jorge Luis Borges. Fue el primer libro de Bradbury vertido al castellano. CH

Mariana Koppmann
Bioquímica/Consultora independiente

Masa madre: de la antigüedad a la modernidad

Levadura: derivado del español antiguo levar, *por provocar la fermentación y que la masa suba. De la misma familia etimológica que* levantar.

Un poco de historia: levadura versus masa madre

Lo primero que podemos decir es que, en la antigüedad, la levadura era aquella preparación que aseguraba el levado de la masa. No fue hasta mediados del siglo XIX, cuando Louis Pasteur describió el proceso de fermentación, que supimos que se trataba de hongos unicelulares. El aislamiento y la identificación seguidos de la industrialización en la producción de levaduras a gran escala, inicialmente para la industria cervecera y luego para la fabricación de pan, permitió contar, tanto en casa como en las panaderías, con grandes cantidades de estos hongos unicelulares como inóculo para la preparación de pan. La levadura seleccionada especialmente para hacer pan es una de las cepas de *Sacharomyces cereviciae* (su nombre deriva de la producción cervecera) que permite realizar panes con gran volumen y esponjosidad en pocas horas. A su vez, al provenir de una producción industrial y controlada, estas levaduras se comportan siempre de la misma manera si mantenemos constantes el resto de las condiciones del proceso de elaboración.

Una masa madre no es otra cosa más que una 'levadura casera' que preparamos a partir de cuatro ingredientes: harina, agua, temperatura y tiempo.

Una de las consecuencias de la vida moderna es que el tiempo 'corre' más rápido, la inmediatez se impuso

¿DE QUÉ SE TRATA?

La masa madre se usa desde hace mucho tiempo como insumo para el levado de masas y, recientemente, se ha vuelto muy popular entre quienes buscan un sabor especial de sus panes.

y el tiempo personal para dedicarlo a actividades como la cocina se hizo cada vez más escaso y se ha convertido en un bien invaluable. Por esta razón el mal uso de la levadura llevó a que el pan fuera perdiendo poco a poco el sabor que tenía en otros tiempos. ¿Por qué el pan actual no tiene sabor a pan? Porque si se coloca gran cantidad de levadura y la masa se transforma en pan en poco tiempo, no dejamos que se desarrollen aromas interesantes, perdemos la potencialidad de generar un arcoíris de aromas en el pan. El sabor predominante será solamente debido a la reacción de Maillard (ver Rossi JP, 'Combinación de sabores', Ciencia Hoy, 24, 142: 52-55) que ocurre en la corteza cuando el pan se cocina en el horno. En aquellos panes aún más 'apurados' también detectaremos un fuerte aroma a levadura. Sin embargo, se pueden hacer panes espectaculares, es decir, aireados y sabrosos con levadura. Solamente hay que usar poca y no apurarla. Dándole tiempo dejaremos que se desarrollen los aromas propios de la levadura y también aromas de la flora acompañante que está naturalmente en la harina. Ese es el secreto.

Ante esta realidad, panaderos en todo el mundo volvieron al origen del pan y empezaron a hacer nuevamente panes de masa madre. Siempre hubo panaderías tradicionales que los seguían haciendo, sin embargo, desde hace varios años surgieron más y más panaderías promocionando sus panes de masa madre, desencadenándose un fenómeno de escala mundial.

¿Qué es la masa madre?

Como adelantamos, la masa madre se trata de una levadura en el sentido antiguo de la palabra, es decir, una preparación que asegura el levado de la masa. Para hacerla aprovechamos los microorganismos que están presentes en la naturaleza. Los encontramos en casi cualquier lugar, en los cultivos, en nuestras casas y en el ambiente. Son aquellos microorganismos que generalmente alteran nuestros alimentos. Sin embargo, para que nuestra masa madre se desarrolle y crezca vamos a querer 'atrapar' no cualquier microorganismo, sino levaduras y lactobacilos, y proveer las condiciones necesarias para que se desarrollen ambos microorganismos ambientales.

Uno de los factores más importantes para el correcto desarrollo de nuestro cultivo de levaduras y lactobacilos es la temperatura. Las condiciones adecuadas de temperatura son entre 20ºC y 26ºC (siendo ideal 26ºC). A menores temperaturas se logra también, pero tarda bastante más tiempo. Por otro lado, a mayores temperaturas se pueden dar las condiciones para el desarrollo de otros microorganismos que dan sabores extraños o incluso pueden arruinar las masas por digerir el gluten (ver Koppmann M., 'La masa del pan', Ciencia Hoy, 22, 131: 45-47). Un dato muy interesante desde el punto de vista microbiológico es que 26ºC no es la temperatura ideal de desarrollo para ninguna de estas poblaciones microbianas. Esto da ciertas ventajas en el sabor del pan, ya que al estar fuera de su ambiente ideal las fermentaciones no son completas y se liberan al medio ácidos orgánicos y aldehídos que aportan a la paleta de sabores presente en el pan.

Lo que vamos a lograr mezclando agua y harina, manteniéndolos a la temperatura correcta y con el paso del tiempo es un cultivo de levaduras y bacterias acidolácticas que han logrado un equilibrio de convivencia entre sí de manera que ambas poblaciones pueden sobrevivir y desarrollarse. Las levaduras que se desarrollarán son aquellas que puedan multiplicarse en el medio ácido que generan los lactobacilos y que sean inmunes a las bacteriocinas que pueden generar algunos lactobacilos. En ese cultivo ecológicamente estable que es nuestra *masa madre* (si lo mantenemos alimentado y floreciente) estarán presentes bacterias y levaduras; sin embargo, no tenemos idea exacta de qué microorganismos hay. Lo que nos interesa es que pueda levar y dar buen sabor al pan amasado.

Es interesante conocer que hay en el mundo por lo menos dos bibliotecas de masas madres, que coleccionan masas madres de todo el mundo y realizan la identificación precisa de los microorganismos presentes en cada una. Según la ecología particular de cada región se desarrollan masas madres con diferentes tipos tanto de levaduras como de lactobacilos.

Qué es lo que está vivo dentro de la masa madre

Levaduras

Las levaduras son hongos unicelulares que se dividen por brotes o gemación (la levadura madre emite una protuberancia, el núcleo se divide en dos y uno de ellos migra al brote que se despega y forma la levadura hija). Si las condiciones del entorno son desfavorables en el interior se forman ascosporas que contienen la mitad del material genético. La levadura se transformó en asca. Cuando las condiciones vuelven a ser favorables dos ascas se fusionan (lo cual se llama reproducción sexual) y forman una nueva levadura. La levadura más conocida es la *Saccharomyces cerevisiae* que ha sido muy estudiada y seleccionada para distintos objetivos como por ejemplo elaborar cerveza, vinos o panes. Sin embargo, no es la única especie de levadura que existe; dentro de las conocidas como levaduras salvajes se han identificado muchas especies diferentes. Dentro de las más encontradas en las masas madres están *Saccharomyces*, distintas de la *cerevisiae* y *Candidas*. Se llama *levaduras salvajes* a las que encontramos naturalmente presentes en el ambiente.

Para que las levaduras puedan multiplicarse deben controlarse distintos factores del medio, como la acidez, la temperatura y la presencia de oxígeno. Para la multiplicación óptima de las levaduras el ambiente debe ser un poco ácido (pH 4-5), sin embargo, muchas especies toleran grandes variaciones en el pH, desde medios fuertemente ácidos (pH 1,5) a medios débilmente básicos (pH 8,5). Como ya se comentó anteriormente, la temperatura es un factor muy importante. El rango de temperaturas óptimas para la multiplicación de levaduras es de 25°C a 30°C; el rango abarca de 5°C a 40°C. A muy bajas temperaturas, 0°C o menos, la multiplicación puede producirse, pero a una velocidad muy lenta. Otro factor limitante para el desarrollo de las levaduras es la actividad del agua; sin embargo, no es un factor limitante en las masas ya que en estas la cantidad de agua es alta, salvo en masas muy dulces o muy saladas en las que el crecimiento se ve lentificado dado que el agua está atrapada por el azúcar o la sal y no está disponible para las levaduras. Por último, la presencia de oxígeno es un factor muy importante. En presencia de este gas, la multiplicación se produce más rápidamente. Un producto del metabolismo de las levaduras que es sumamente importante para nuestro objetivo panadero es el dióxido de carbono. Este metabolito puede generarse por dos mecanismos distintos. Uno en presencia de oxígeno, que se denomina *respiración* y cuyos productos finales son el dióxido de carbono y agua, y otro en ausencia de oxígeno, denominado *fermentación*, cuyos productos finales son dióxido de carbono y alcohol. Además, según el tipo de levadura habrá mecanismos de fermentación paralelos que darán distintos compuestos que aportan sabor característico al pan.

Bacterias

Las bacterias que comparten el hábitat en la masa madre junto a las levaduras son las llamadas bacterias acidolácticas, en su mayoría del género *Lactobacillus*. Los lactobacilos se caracterizan por producir fundamentalmente ácido láctico y un poco de ácido acético durante la fermentación. Dependiendo del tipo de bacteria acidoláctica presente en la masa madre, podremos también obtener como producto dióxido de carbono. Además, producen otros compuestos aromáticos que dan al pan su sabor característico. Cada una de estas poblaciones de microorganismos sobrevivirá en el ambiente generado por la otra, por lo que en un principio pueden

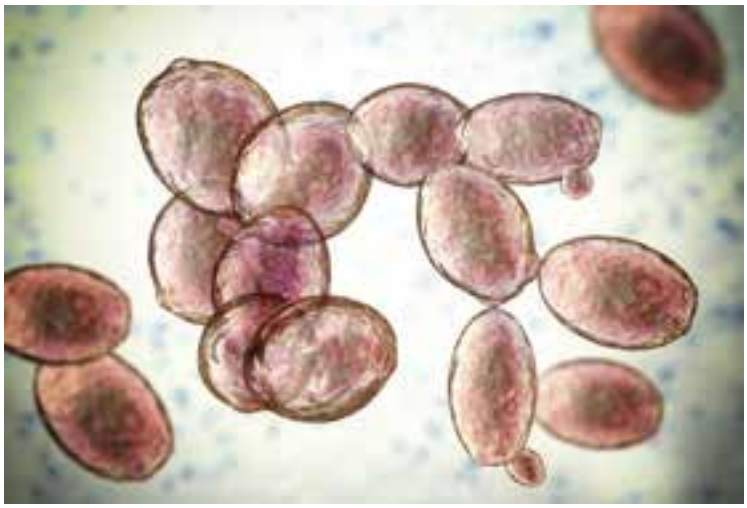


Ilustración de levaduras del género *Saccharomyces*. Hongo unicelular muy utilizado para la fabricación de pan y cerveza.

Ilustración de bacterias del género *Lactobacillus*. Son utilizados para la producción de yogur, queso y otros alimentos fermentados, como por ejemplo los panes de masa madre.

darse eventos de competencia por los nutrientes entre los microorganismos. Según las condiciones que se le den a cada masa madre, es decir frecuencia de alimentación, con qué tipo de harina se alimenten y temperatura de mantenimiento, se pueden lograr poblaciones estables que perduran en el tiempo por años, ya que ambas poblaciones de microorganismos se han habituado a las condiciones y conviven en armonía, de manera simbiótica.

Masas madres de distintos lugares y los diferentes microorganismos que las componen

Un dato muy interesante es que masas madres generadas en distintos lugares contienen poblaciones diferentes de levaduras y bacterias. No solo el lugar puede influir

EL PASO A PASO PARA OBTENER UNA MASA MADRE

Para elaborar una masa madre se necesita harina, agua y un frasco. Y tiempo. La harina puede ser con gluten (harina de trigo blanca o integral, harina de avena, harina de cebada o de centeno) o sin gluten (harina de arroz, de trigo sarraceno, de garbanzos, de sorgo, de teff). Lo necesario es que sea harina y no almidón. Es decir que haya enzimas que al hidratarse corten el almidón para proveer alimento a los microorganismos. Ahí empieza la competencia por el alimento entre los microorganismos presentes en la masa madre.

El proceso llevará unos tres o cuatro días aproximadamente, dependiendo de la temperatura ambiente y del tipo de harina que usemos. Existen muchísimos métodos para obtener una masa madre y todos puede funcionar. Aquí les mostramos uno de esos métodos. Los pasos a seguir son los siguientes:

- **Día 1:** mezclar en un frasco partes iguales de harina y agua hasta obtener una pasta homogénea, la textura deseada es la de un puré o papilla. Luego tapar y dejar a temperatura ambiente (20-26ºC) por veinticuatro horas.
- **Día 2:** agregar a la mezcla una cucharada colmada de harina y otra de agua, volver a mezclar bien hasta incorporar los ingredientes, logrando nuevamente la consistencia de papilla y tapar. Se puede agregar un poco más de agua o un poco más de harina. Dejar a temperatura ambiente por veinticuatro horas.
- **Día 3:** es probable que en este día se empiecen a ver algunas burbujas, eso es bueno ya que implica actividad biológica. Agregar una nueva cucharada de harina colmada y una cucharada de agua, mezclar hasta incorporar bien y dejar tapado a temperatura ambiente. En cada uno de los eventos de alimentación debemos volver a obtener una consistencia de papilla.

Luego de estos tres días es posible que nuestro proyecto de masa madre cobre fuerza. Nos daremos cuenta si vemos que la mezcla creció por lo menos 50% dentro del frasco y se la ve llena de burbujas. Es recomendable que el crecimiento se produzca en un período de aproximadamente dos o tres horas. En caso contrario, a nuestra masa madre aún le falta actividad. Podría usarse, pero los panes tardarán una eternidad. Dado que nos interesa poder observar cómo nuestra masa madre crece, es recomendable usar un frasco de vidrio para iniciarla, porque podremos ver mejor su actividad día a día. No nos olvidemos de limpiar bien los bordes, de esa manera si creció y bajó se ve la mancha del frasco. Una vez que tengamos nuestra masa madre activa deberemos mantenerla en el tiempo y para eso debemos alimentarla o refrescarla. A cada evento en el que agregamos harina y agua a una masa madre para dar nuevo alimento a la población microbiana y diluir los desechos acumulados se lo llama *alimentación* o *refresco*. Ahora que ya tenemos nuestra masa madre activa, el siguiente paso es ponernos a hacer pan. Y para eso siempre debemos generar más masa madre de la indicada en la receta, para no quedarnos sin reserva y tener que volver a elaborar otra. Luego de usarla, simplemente la volvemos a alimentar y se vuelve a dejar que fermente.

en la población de nuestra masa madre; la harina usada en la alimentación es un factor importante que puede determinar qué microorganismos tenemos en la masa madre. Por ejemplo, si la trasladamos a otro lugar del planeta o cambiamos la harina con que la refrescamos, se pueden generar distintas situaciones, por ejemplo, que la población estable se mantenga y no la afecten estos cambios o que nuevas poblaciones más adaptadas a las nuevas condiciones reemplacen a los microorganismos existentes.

Uno de los estudios más citados y que fue uno de los que ayudó a entender cómo ocurría esta asociación entre bacterias y levaduras que podía permanecer estable en el tiempo y evitar la contaminación por otros microorganismos fue publicado en 1971 por Takashi Sugihara y colaboradores. En dicho trabajo se determinaron los microorganismos presentes en masas madres de distintas panaderías de San Francisco, Estados Unidos. Por un lado, la levadura encontrada, *Saccharomyces exiguus*, sobrevivía muy bien en ambientes ácidos, y era resistente al antibiótico generado por los lactobacilos presentes. Sin embargo, no se alimenta de maltosa, a diferencia de los lactobacilos presentes. Es decir que no competían por alimento, ya que las levaduras se alimentan de la sacarosa presente y de las glucosas y los lactobacilos se alimentan de las maltosas generadas por las amilasas en la masa. En este estudio fue cuando se clasificó por primera vez el *Lactobacillus sanfrancisco* que luego se llamó *sanfranciscensis*. El *Lactobacillus sanfranciscencis* o sus variedades es la bacteria más frecuentemente encontrada. Se investigaron las razones de su presencia y se encontró que no solamente utiliza preferentemente la maltosa para fermentar, sino que además libera al medio glucosa como desecho. Por esta razón en masas madres estables se asocia generalmente con levaduras que no pueden fermentar maltosa, pero sí glucosa. De esta forma no solo no compiten por el alimento, sino que el crecimiento de los lactobacilos alimenta a la población de levaduras. Además, el tipo de levaduras encontradas están adaptadas a ambientes muy ácidos y por lo tanto no las afecta la generación de estos en las masas.

Se han analizado muchas masas madres distintas y estos son algunos de los microorganismos encontrados: las bacterias ácido lácticas pertenecen a la familia *Lactobacillaceae*, que incluye catorce géneros, *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, *Carnobacterium*, *Tetragenococcus*, *Enterococcus*, *Vagococcus*, *Lactobacillus*, *Weissella*, *Lactococcus*, *Aerococcus*, *Leuconostoc*, *Alloiococcus*, *Pediococcus* y *Atopobium*. Algunas de las bacterias identificadas en distintas masas madres son *Lactobacillus* (*Lb.*) *acidophilus*, *Lb. amylovorus*, *Lb. crispatus*, *Lb. delbrueckii* (cepas *bulgaricus*, *delbrueckii*, *lactis*), *Lb. johnsonii*, *Lb. farciminis*, *Lb. alimentarius*, *Lb. casei*, *Lb. plantarum*, *Lb. brevis*, *Lb. buchneri*, *Lb. fermentum*, *Lb. fructivorans*, *Lb. reuteri*, *Lb. pontis*, *Lb. sanfranciscensis*, *Lb. confusus* (cuyo nombre es hoy *Weissella confusus*), *Pediococcus acidilactici* y *Pediococcus pentosaceus*. Algunas de las levaduras identificadas en las masa madres son *Candida* (*C.*) *boidinii*, *C. guilliermondii*, *C. stellata*, *C. tropicalis*, *C. holmii*, *C. krusei*, *C. milleri*, *Hansenula* (*H.*) *anomala*, *H. subpelliculosa*, *H. tropicalis*, *Pichia* (*P.*) *polymorpha*, *P. saitoi*, *Saccharomyces* (*S.*) *cerevisae*, *S. dairensis*, *S. ellipsoideus*, *S. fructuum*, *S. inusitatus*, *S. exiguus* y *Torulopsis holm*.

Cuál o cuáles microrganismos (ver recuadro) estarán presentes en nuestra masa madre es difícil de saber, a menos que realicemos algún estudio microbiológico. Lo importante es que las levaduras y las bacterias convivan en armonía y que cada una aporte para mantener este cultivo simbiótico y nos ayude a levar nuestro pan. El alcohol producido durante la fermentación de las levaduras también puede transformarse en otros compuestos orgánicos que dan sabor, y durante el proceso se liberan aminoácidos por ruptura de proteínas y ellos contribuyen al *flavor* del pan transformados o no (ya que algunos son sápidos) y durante la cocción reaccionan para generar la reacción de Maillard en la corteza.

La masa madre se utiliza para preparar pan como una levadura casera, en distintas proporciones según las recetas que cada uno aplique. También se usaban históricamente, y con seguridad en algunos lugares hoy, restos de masa del día anterior que se utilizan como prefermento al que se le dio tiempo para que se reproduzcan, no solo levaduras, sino otros microorganismos

Hasta acá la maravilla de este cultivo casero que permite hacer deliciosos panes. Pero no nos olvidemos de que también podemos hacer buenos panes con levadura si usamos las cantidades adecuadas y le damos tiempo. CH

LECTURAS SUGERIDAS

GARRIGA R y KOPPMANN M, 2019, *Masa madre: pan con sabor a pan*, Grijalbo, Buenos Aires.

SUGIHARA TF, KLINE L & MILLAR MW, 1971, 'Microorganism of the San Francisco sour dough bread process, I and II', *Applied Microbiology*, 21: 456-465.

SITIOS WEB:

robdunnlab.com/projects/wildsourdough/

www.puratos.com/commitments/next-generation/product-heritage/sourdough-library

Mariana Koppmann

Bioquímica, Facultad de Farmacia y Bioquímica, UBA.

Miembro del Board Science & Cooking World Congress

Revisora del *International Journal of Gastronomy and Food Science*

marianakoppmann@gmail.com

Los premios Nobel 2020

¿Cuáles son las contribuciones al conocimiento realizadas por los ganadores de premios que, a lo largo de más de un siglo, se convirtieron en uno de los mejores mecanismos del mundo para identificar avances cruciales de las ciencias?

FISIOLOGÍA O MEDICINA

María Victoria Preciado y Pamela Valva
Instituto Multidisciplinario de Investigaciones en Patologías Pediátricas (IMIPP- Conicet-GCBA), División Patología, Hospital de Niños Ricardo Gutiérrez

Virus de hepatitis C: hitos y desafíos en cincuenta años de historia

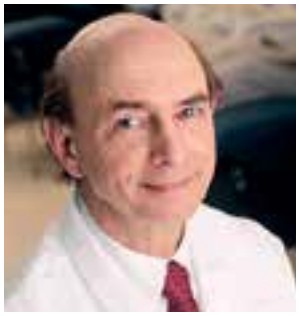
Este año, el premio Nobel de fisiología o medicina fue otorgado por partes iguales a los estadounidenses Harvey J Alter (US National Institutes of Health) y Charles M Rice (Rockefeller University) y al británico Michael Houghton (University of Alberta) por el descubrimiento del virus de Hepatitis C.

La infección por hepatitis C es una de las principales causas de enfermedad hepática crónica. Se estima que más del 1% de la población mundial está infectada y que el 80% desarrolla una forma crónica de enfermedad hepática de evolución lenta y asintomática caracterizada por daño celular, inflamación y fibrosis que puede progresar, luego de algunas décadas, a cirrosis en el 30-40% de los casos o a carcinoma hepático en el 1-3%. De esta forma la infección por este virus es una de las causas más frecuentes de trasplante hepático. Ante la falta de una vacuna, el enfoque terapéutico recorrió diferentes etapas, desde los tratamientos prolongados con moduladores del sistema inmunitario con tasas de curación de menos del 50% y elevados efectos adversos, pasando por generaciones sucesivas de antivirales de acción directa, hasta llegar al presente con una nueva generación de antivirales, con tasas de curación del 95% al 100% después de solo ocho a doce semanas de una terapia oral no tóxica.

La historia de este virus es una saga de 45 años iniciada con las observaciones de Harvey J Alter en 1975, quien demuestra la existencia de un virus de hepatitis no-A no-B asociado a hepatitis postransfusional. Continúa con los trabajos de Michael Houghton, en 1989, quien logra clonar e identificar el genoma viral y renombrarlo como virus de hepatitis C. Más tarde los experimentos de Charles Rice, en la década de 1990, establecen, a partir de una versión editada del genoma del virus, un sistema robusto de replicación *in vitro* en cultivos celulares, y sientan así las bases para futuros análisis genéticos y funcionales. Estos descubrimientos posibilitaron finalmente el diagnóstico de la infección, el control y la prevención en algunos grupos de riesgo y el desarrollo de nuevos medicamentos que han salvado millones de vidas.

Se sabe que las infecciones virales son una de las principales causas de hepatitis, es decir, de inflamación del hígado. Ya en la década de 1940 se conocían dos tipos de hepatitis infecciosa: la llamada hepatitis A que se transmitía por contaminación de agua o alimentos y generalmente tenía poco impacto a largo plazo en el paciente, y un segundo tipo que se transmitía a través de sangre y fluidos corporales que representaba una amenaza mucho más grave. Sin embargo, la clave para una intervención exitosa contra las enfermedades infecciosas es identificar el agente causal. En este camino, en la década de 1960 Baruch Blumberg identificó una forma de hepatitis transmitida por la sangre que se conoció como virus de la hepatitis B, descubrimiento que permitió el desarrollo de pruebas de diagnóstico y posteriormente de una vacuna eficaz. Blumberg fue galardonado en 1976 con el premio Nobel en fisiología o medicina por este logro. En ese momento, Harvey J Alter y otros colegas observaron que,

a pesar de la disminución de individuos con hepatitis postransfusionales como consecuencia de la detección del virus de hepatitis B, había aún un número preocupante de casos probablemente debido a otra etiología viral. El equipo liderado por Alter inoculó a cinco chimpancés con sueros de pacientes que habían desarrollado hepatitis postransfusionales. En este experimento se observó que todos los animales inoculados presentaban síntomas, concluyendo que la sangre de los pacientes con hepatitis no-A no-B podría transmitir la enfermedad a los chimpancés, quienes resultaron ser los únicos huéspedes susceptibles, además de los humanos. Este resultado sugería la idea de un agente, probablemente un virus, transmisible. Estudios posteriores de Daniel W Bradley (US National Institutes of Health) y Robert Purcell (US Center for Disease Control) demostraron que dicho agente se podía inactivar con solventes orgánicos y que era filtrable a través de un poro de 50 nanómetros, lo cual indicaba que se trataba de un agente infeccioso con las características de un virus pequeño y envuelto en una membrana lipídica. De esta manera se describió una nueva forma de hepatitis viral crónica en pacientes que progresaban lentamente a cirrosis hepática, que se conoció como hepatitis NANB.



Harvey J Alter

Charles M Rice

Michael Houghton

La identificación de este nuevo agente infeccioso se volvió prioritario y, si bien se pusieron en práctica todas las técnicas tradicionales, el virus eludió el aislamiento durante más de una década. Fue entonces cuando Michael Houghton en 1982, en los laboratorios de la empresa biotecnológica Chiron, iniciara en forma silenciosa y tenaz los experimentos de clonación de ácidos nucleicos obtenidos a partir de plasma de humanos y chimpancés infectados con hepatitis NANB. La estrategia exitosa se basó en la generación de una biblioteca de expresión recombinante derivada de plasma de chimpancés infectados. Esto implicó aislar las moléculas de ARN presentes en el plasma infectado y copiarlas a moléculas de ADN para luego, utilizando vectores virales, insertarlas al azar en una población de bacterias *Escherichia coli*. Así, cada colonia o clon de bacterias provenientes de cada evento de trasformación con ese ADN produciría las proteínas codificadas por los genes virales. Utilizando los anticuerpos presentes en sueros de individuos con hepatitis NANB crónica o pacientes recuperados espontáneamente se podría identificar a las colonias que produjeran o expresaran proteínas virales.

Fue entonces cuando, luego de casi seis años de experimentos fallidos, lograron identificar un único clon reactivo que fue el puntapié inicial para secuenciar el genoma completo de este pequeño virus perteneciente a la familia *Flaviviridae*, renombrado como virus de la hepatitis C.

El descubrimiento del virus fue decisivo. Sin embargo, uno de los principales dilemas que ocuparon a los investigadores durante la década de 1990 fue la imposibilidad de infectar eficientemente sistemas de células en cultivo *in vitro* a partir de aislamientos de pacientes con hepatitis C. Es así como Charles Rice observó variaciones genéticas en aislamientos virales e identificó, en un extremo del genoma del virus de la hepatitis C, una región importante para su replicación. Así se generó una versión editada del genoma del virus que replicaba y producía las proteínas virales. Desde entonces, el advenimiento del replicón y, posteriormente, de los sistemas de cultivo celular exitosos para el virus de la hepatitis C abrieron una ventana de oportunidades para la investigación básica del virus que permitió caracterizar detalladamente el ciclo de replicación viral y los factores del hospedador relacionados para la infección. Sin embargo, el mayor impacto de las investigaciones de Charles Rice fue proporcionar una plataforma para el diseño y la prueba de potenciales antivirales dirigidos contra las proteínas del virus.

Los avances terapéuticos recientes han sido tan notables que ahora es posible especular que la infección por el virus de la hepatitis C podría erradicarse globalmente, incluso en ausencia de una vacuna. En este sentido, en 2016 la Asamblea Mundial de la Salud aprobó una estrategia global para alcanzar la eliminación de las hepatitis virales (C y B) para 2030 que tiene como objetivo reducir la incidencia y mortalidad de pacientes de hepatitis C y alcanzar con tratamiento a por lo menos el 80% de aquellos infectados. Sin embargo, existen varios obstáculos que deben sortearse para alcanzar este objetivo. Por un lado, es de fundamental importancia que cada país conozca la epidemiología de la infección mediante la implementación de programas sistemáticos y organizados de detección de portadores silenciosos. Por otro lado, es necesario asegurar el acceso al tratamiento a todas las personas infectadas, lo cual es difícil por el elevado costo. Finalmen-

te, es fundamental realizar tareas de prevención primaria para evitar la generación de nuevos casos y la reinfección de pacientes ya curados, en especial en los grupos de mayor riesgo.

A pesar de los muchos desafíos futuros, esta historia nos muestra cuán lejos la ciencia ha llegado en solo cincuenta años. Estos avances se deben al gran esfuerzo, dedicación y compromiso que han demostrado Harvey J Alter, Michael Houghton, Charles M Rice y todos sus colaboradores, y de tantos otros científicos que trabajan para mejorar la calidad de vida, curar y prevenir la infección por el virus de la hepatitis C. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ALTER HJ, 2019, 'The Gordon Wilson Lecture: The Hepatitis C Virus: From Hippocrates to Cure', *Transactions of the American Clinical and Climatological Association*, 130:104-118.

HOUGHTON M, 2009, 'The long and winding road leading to the identification of the hepatitis C virus', *Journal of Hepatology*, 51(5): 939-948.

LUNA JM, SAEED M, RICE CM, 2019, 'Taming a beast: lessons from the domestication of hepatitis C virus', *Current Opinion in Virology*, 35: 27-34.

María Victoria Preciado

Doctora en bioquímica, UBA.
Investigadora principal en el IMIPP- Conicet-GCBA.
Directora IMIPP- Conicet-GCBA.
preciado@conicet.gov.ar

Pamela Valva

Doctora en bioquímica, UBA.
Investigadora adjunta en el IMIPP- Conicet--GCBA.
Docente UBA.
valvapamela@conicet.gov.ar

ECONOMÍA

Leandro Arozamena y Federico Weinschelbaum
Universidad Torcuato Di Tella

Subastas: teoría y práctica

El premio Banco de Suecia en ciencias económicas en memoria de Alfred Nobel fue otorgado este año a Paul Milgrom y Robert Wilson, de la Universidad Stanford. La Academia Sueca, en su descripción de los méritos principales de los galardonados, resaltó sus aportes a la teoría de subastas y a la creación y utilización en la práctica de nuevos diseños y reglas de subastas.

Las subastas son mecanismos a través de los cuales se asigna un conjunto de bienes, servicios, contratos o derechos haciendo que los interesados en recibirlos compitan realizando ofertas, generalmente monetarias. Esencialmente, se trata de procesos para 'descubrir' precios. Existe evidencia histórica de ventas mediante remates al menos desde la antigua Babilonia, como nos hace saber el historiador griego Heródoto.

Paul Milgrom

Robert Wilson

Actualmente se emplean en múltiples ámbitos, desde la asignación de espectro para comunicaciones personales –una aplicación especialmente relevante para este premio Nobel– hasta las contrataciones públicas o la compra de electricidad a generadores; desde la venta de permisos de emisión de gases contaminantes hasta la asignación de posiciones para las publicidades en pantalla cada vez que un usuario realiza una búsqueda en Google. El grado de eficiencia de muchos mercados y su capacidad de contribuir al bienestar de consumidores y usuarios depende en buena medida de que se utilice la subasta correcta. Entender el desempeño de estos mecanismos y cuáles son las subastas adecuadas para cada aplicación, entonces, es un problema económico crucial.

Los formatos de subasta posibles son muy variados. Tomemos un caso muy simple: se debe vender un objeto único e indivisible; por ejemplo, una obra de arte o una licencia única para operar en un mercado. Puede realizarse una subasta *abierta* o *cerrada*. En el primer caso, los postores anuncian sus ofertas públicamente. Hay dos formatos clásicos en esta categoría. Por un lado, la subasta inglesa, en la que los postores pujan públicamente subiendo ofertas hasta que nadie esté en condiciones de superar la oferta vigente. Existe también la llamada

subasta holandesa, o de precio descendente, donde se parte de un precio inicial alto que desciende progresivamente hasta que uno de los postores detenga su caída y adquiera el bien en cuestión. En una subasta cerrada, en cambio, los postores comunican sus ofertas al subastador de modo secreto. El formato más usual es la subasta de primer precio, donde gana quien hizo la oferta más alta y paga su oferta. En la subasta de segundo precio, en cambio, también gana el mejor postor, pero paga la segunda mayor oferta.

Muchos otros formatos pueden emplearse o crearse, incluso en este caso sencillo. Uno de los objetivos centrales de la teoría de subastas es identificar los resultados de cada formato en cada caso. Por ejemplo, el análisis teórico básico permitió concluir que la subasta holandesa y la de primer precio siempre son equivalentes (es decir, generan el mismo resultado y benefician igualmente a todos los participantes), mientras que la subasta inglesa y la de segundo precio lo son en algunos contextos.

Definidas las reglas y dadas las características de los participantes, cada subasta genera un juego. Allí, la teoría de juegos permite predecir el comportamiento de los postores y anticipar el resultado. Es posible, entonces, realizar comparaciones. Dados dos formatos, ¿cuál será 'mejor'? Dos criterios habituales para realizar la comparación son (i) ingreso esperado del vendedor y (ii) eficiencia en la asignación –es decir, el valor creado para la sociedad por el hecho de que el objeto termine en quien lo reciba–. Pero la teoría también permite ser más ambiciosos. Considerando lo que se vende o se compra, y dadas las características de los postores, ¿cuál sería 'el mejor' formato de subasta en función del criterio de interés (ingreso esperado o eficiencia)?

Un modo breve de describir los resultados a los que la teoría ha llegado es que los detalles importan. No existe una única subasta adecuada para todos los casos. El trabajo pionero de Milgrom y Wilson permite entender en profundidad qué es lo importante en cada contexto, y es crucial para permitir que la teoría genere más y mejores aplicaciones.

Pensemos, por ejemplo, en cómo los oferentes forman su valoración por un objeto en venta. En un extremo, sus valoraciones son *privadas*: cuánto vale el objeto para un postor es completamente idiosincrásico, sin relación con cuánto lo valoran los demás, como ocurre con objetos de consumo personal. En el extremo opuesto, las valoraciones son *comunes*: imaginemos que se subasta el derecho a explotar un campo petrolífero. Si las empresas interesadas cuentan con la misma tecnología, el derecho tendrá el mismo valor para todas, dado que obtendrán el mismo volumen de petróleo. Sin embargo, dicho volumen es incierto. En la subasta, quienes cuenten con estimaciones más optimistas serán más agresivos, por lo que ganará el postor con la estimación más alta. La máxima estimación es muy probablemente una sobreestimación. Este fenómeno, conocido como *maldición del ganador*, fue formalmente analizado por Wilson. Naturalmente, los postores deberían anticiparlo y realizar ofertas más conservadoras. El formato de subasta afecta cuánto menos deberían pujar.

En la mayoría de los contextos usuales, las valoraciones de los postores tienen elementos privados y comunes. Estos casos intermedios son analíticamente más complejos, y es aquí donde aparece una de las contribuciones centrales de Milgrom a la teoría. En un par de artículos, uno de ellos en coautoría con Robert Weber, Milgrom planteó un modelo que permite analizar todos los casos de valoraciones interdependientes, incluyendo los extremos de valoraciones privadas y comunes como casos particulares. Introdujo el concepto de valoraciones *afiliadas*, una forma especial de correlación, que permitió identificar los resultados de los formatos usuales de subasta y compararlos. Ello hizo posible derivar conclusiones vitales a la hora de elegir y diseñar subastas. Comprobó, por ejemplo, que aquellos formatos que permiten a los postores agregar mejor la información dispersa entre ellos (tales como la subasta inglesa) generarán más ingreso esperado para el vendedor.

Todos los ejemplos mencionados corresponden al caso de compra o venta de un único objeto indivisible, el más simple. En muchas situaciones, sin embargo, el objeto a asignar es divisible y su cantidad puede no estar fija, como ocurre con los activos financieros o con la compra de electricidad a generadores. En otros casos, deben asignarse objetos múltiples indivisibles, como en las licitaciones de licencias de espectro. Si se subastan objetos múltiples, el formato debe especificar si se asignan todos a la vez o en orden sucesivo, si los postores que compran bienes iguales pagan el mismo precio o el precio que cada uno ofreció, si la subasta procede en rondas o en una sola etapa, si las ofertas son públicas o privadas, etcétera. Las dimensiones del problema aumentan considerablemente.

Si se asigna un objeto divisible, los postores pueden desear recibir una cantidad decreciente en el precio. Así, en las subastas de bonos los postores pueden ofrecer demandas –funciones que especifican la cantidad deseada para cada precio– y en una licitación de electricidad los generadores pueden competir emitiendo funciones de oferta. Algunas de las principales contribuciones de Wilson corresponden a los casos de activos financieros y electricidad, y el desempeño de cada subasta en cada contexto específico relevante en dichos mercados.

Las subastas de objetos múltiples e indivisibles introducen nuevos aspectos. Los postores pueden desear recibir uno o más objetos, y las diferentes unidades, es-

pecialmente cuando son heterogéneas entre sí, pueden ser percibidas como complementarias o sustitutivas. Por ejemplo, en una licitación de espectro, se asignan licencias para usar ciertos segmentos de frecuencias, potencialmente en diferentes regiones geográficas de un país. Para un operador de telefonía celular, cierta porción del espectro puede no tener valor por sí sola, pero sí cuando se la combina con otra porción.

A comienzos de la década de 1990, la Federal Communications Commission (FCC) de los Estados Unidos decidió explorar el uso de subastas para asignar espectro ante la creciente importancia de la telefonía móvil. La teoría de subastas desarrollada hasta entonces no brindaba una recomendación definitiva. Paul Milgrom, Robert Wilson y R Preston McAfee propusieron el uso de subastas simultáneas en rondas múltiples. En dicho formato, todas las licencias se asignaban al mismo tiempo. En cada ronda, un postor podía pujar por una o varias licencias, derrotando al precio vigente en cada una, al estilo de la subasta inglesa. Con algunas reglas técnicas adicionales, esto permitía a cada oferente saber qué licencias estaba ganando y cuáles no, y generaba más agresividad, dado que los oferentes inferían del comportamiento de sus rivales cuánto valoraban ellos cada licencia, reduciendo la maldición del ganador. Su empleo por parte de la FCC fue un éxito rotundo, tanto en la recaudación para el erario público como en su influencia sobre el funcionamiento del mercado, y se convirtió en el formato estándar empleado internacionalmente.

Sin embargo, los oferentes se exponían a un alto riesgo respecto del conjunto de licencias que ganarían. Si una empresa pujaba por dos licencias que no tenían valor individual, pero sí en conjunto, era posible que al final perdiera una de ellas y debiera adquirir la otra. Para evitar este problema, Milgrom, junto con otros economistas, desarrolló una subasta combinatoria, que permitía a los postores hacer ofertas por 'paquetes' de licencias. El nuevo formato se empleó por primera vez en el Reino Unido en 2008, y una vez más su éxito llevó a su adopción en numerosos países.

Los nuevos desarrollos han sido continuos. Con la participación prominente de Milgrom, la FCC realizó en 2017 un proceso complejo de subastas para *reasignar* espectro de sus licenciatarios hasta entonces (empresas de televisión) a nuevos licenciatarios, para su uso en comunicaciones personales. Esta complementación entre teoría y práctica en subastas ha permitido profundizar la comprensión de los procesos de asignación y un mejor funcionamiento de mercados de suma importancia, como los de energía y telecomunicaciones. A partir de estas experiencias en subastas, junto con otras áreas cercanas, ha surgido dentro de la economía una nueva especialidad, conocida como *diseño de mercados*.

Tanto Milgrom como Wilson realizaron aportes sustanciales fuera de la teoría y la práctica de subastas. No hay espacio para describirlas aquí, pero basta mencionar algunas áreas en las que sus contribuciones han sido altamente influyentes: la economía de la información, la teoría de incentivos y contratos, la economía financiera, la teoría microeconómica y la teoría de juegos en general.

Es destacable un hecho muy especial. Wilson no solamente recibió el premio Nobel, sino que también dirigió la tesis de otros dos ganadores –además de Milgrom–: Alvin Roth y Bengt Holmström (en 2012 y 2016 respectivamente). Esto evidencia la influencia profunda de Wilson y sus dirigidos en el análisis económico en las últimas décadas.

Finalmente, este premio provee una prueba adicional del impacto fundamental que ha tenido la introducción y el desarrollo de la teoría de juegos sobre la disciplina. Desde 1994, en al menos nueve años la Academia Sueca ha otorgado el premio por contribuciones a esta teoría, o por aportes obtenidos mediante su aplicación directa. CH

LECTURA SUGERIDA

REAL ACADEMIA SUECA DE CIENCIAS, "Improvements to auction theory and inventions of new auction formats," Scientific Background on the Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel 2020, accesible en *www.nobelprize.org*

Leandro Arozamena

PhD in Economics, Universidad de Harvard.
Profesor asociado, Universidad Torcuato Di Tella.
Investigador adjunto del Conicet.
larozamena@utdt.edu

Federico Weinschelbaum

PhD in Economics, UCLA.
Profesor asociado, Universidad Torcuato Di Tella.
Investigador independiente del Conicet.
fweinschelbaum@utdt.edu

QUÍMICA

Hernán Dopazo
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA

Una 'navaja suiza' para la edición génica

Sabíamos que sucedería: CRISPR iba a recibir un Nobel. A pesar de su corta edad, su importancia es indiscutible. La única duda era saber cuándo y quién lo recibiría, y la incógnita se develó el pasado 7 de octubre: el premio Nobel de química 2020 fue entregado a la estadounidense Jennifer Doudna (Universidad de Berkeley, California) y a la francesa Emmanuelle Charpentier (Instituto Max Planck, Berlín) por el desarrollo de la maquinaria programable de edición de genes más simple y efectiva que conocemos: el sistema binario de ARN y proteína, CRISPR-Cas. A través de millones de generaciones de evolución bacteriana se seleccionó el sistema de defensa molecular más simple jamás diseñado. La ciencia descifró los mecanismos más íntimos de este sistema en poco más de una década y, a partir de esto, comenzó a utilizarlo a su favor.

El nombre CRISPR, su caracterización y posible función biológica no se la debemos a las galardonadas, sino al microbiólogo español Francisco Mojica, quien con su grupo de la Universidad de Alicante analizó por más de diez años las enigmáticas secuencias repetitivas del genoma en unas bacterias de su vecina localidad de Santa Pola. Fue él quien escogió el acrónimo CRISPR

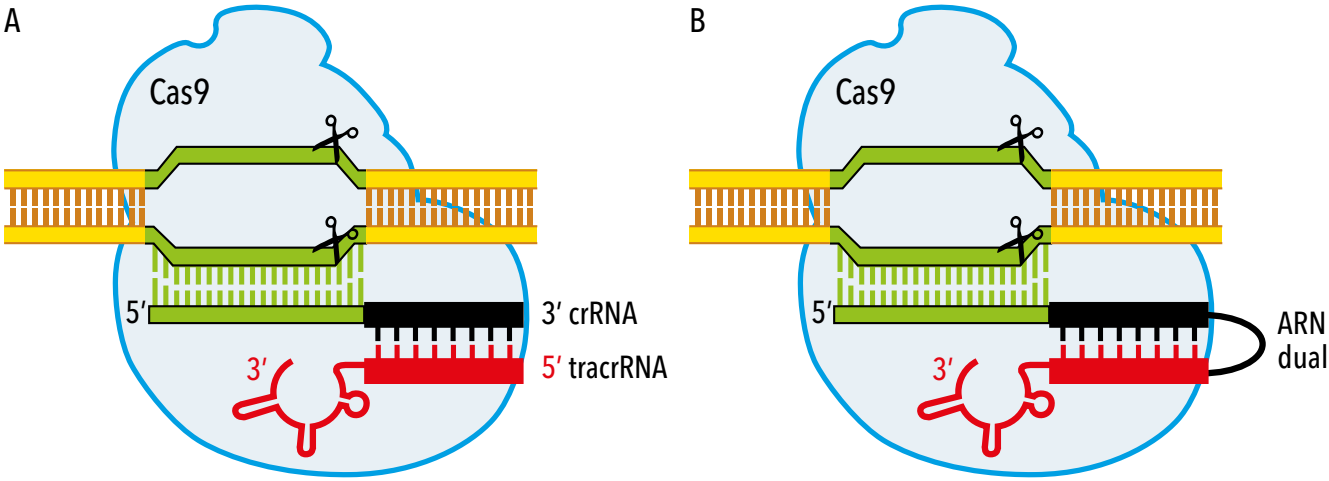
Jennifer Doudna

Emmanuelle Charpentier

(del inglés *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*), que en castellano se traduce como repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente interespaciadas.

Mojica estudió el ADN de estas bacterias y detectó secuencias repetitivas palindrómicas, que eran seguidas por otras secuencias denominadas 'ADN espaciador' muy similares a secuencias de virus y ADN de otras bacterias. El español hipotetizó que estas secuencias eran los restos de ADN incorporado al genoma bacteriano como consecuencia de una infección anterior y que la bacteria las usaba como una especie de memoria defensiva. Por esto, se trataría del sistema inmune más simple de la naturaleza, una memoria molecular para evitar la siguiente infección con este ADN foráneo.

Irónicamente, el trabajo de Mojica fue rechazado en *Nature*, una de las revistas más prestigiosas del mundo científico, y publicado luego en una revista de menor impacto. Sin embargo, la propuesta era tan relevante que



En la figura A se muestra un esquema del complejo Cas9 *ternario* unido al ADN por medio del ARN guía y estabilizado por tracrRNA. En la B, el complejo Cas9 es guiado por un ARN dual.

otros investigadores de Europa y Estados Unidos se lanzaron a la carrera de comprender los detalles genéticos, bioquímicos y moleculares de este curioso sistema defensivo.

Hoy sabemos que CRISPR está presente en los genomas de una amplísima diversidad de organismos procariotas (microorganismos de los dominios Eubacteria y Arquea). Con la capacidad de incorporar segmentos de ADN foráneos procedentes de otras bacterias o de infecciones con virus, estas secuencias se heredan a la siguiente generación, de modo que generan protección ante futuras infecciones. Estas secuencias CRISPR son acompañadas de cerca por un gen denominado Cas (*CRISPR associated*), cuyo producto es una proteína capaz de cortar la doble cadena de ADN. La clave es comprender que una secuencia específica (espaciadora) de CRISPR (crRNA) en combinación con la proteína Cas tienen la habilidad de localizar una región de ADN complementaria y cortar el ADN doble cadena y degradarlo (figura A).

Jennifer Doudna y Emmanuelle Charpentier contribuyeron con aportes relevantes para comprender CRISPR-Cas. Mientras que Doudna describió en 2009 la estructura y los dominios catalíticos de Cas, es decir las partes de la proteína responsables de su actividad endonucleasa, Charpentier descubrió la función del ARN transactivador de CRISPR (tracrRNA), una tercera molécula que ayuda a estabilizar la proteína Cas junto con el ARN guía para cortar el ADN. Sin embargo, ellas no recibieron el premio Nobel por estos avances.

La Real Academia de Ciencias Sueca las premió por su publicación de 2012, titulada 'Una endonucleasa programable guiada por un ARN dual para la inmunidad adaptativa bacteriana' (ver Jinek M *et al.*, 2012, en las lecturas sugeridas). En resumen, en esa publicación ellas propusieron que modificando este sistema natural de defensa bacteriana se podía convertir en un sistema extremadamente simple y eficiente de localización y corte de ADN no solo para bacterias, sino que podía ser una herramienta para modificar cualquier genoma en un tubo de ensayo (figura B). Literalmente, el primer paso para modificar la información genética de cualquier ser vivo.

Para ello, y considerando que las bacterias (procariotas) son diferentes de las células eucariotas, donde la información genética se encuentra dentro del núcleo, el desafío para usar este sistema de edición de genes sería lograr que estas 'tijeras programables' funcionen dentro de esta organela. Feng Zhang (Broad Institute, Harvard-MIT) lo logró en 2013, y CRISPR-Cas se convirtió en el sistema más utilizado para la pérdida de función de genes (*knock-outs*), lo que facilitó enormemente la generación de modelos celulares de enfermedades humanas. Sin embargo, las posibilidades de transformación de este sistema recién comenzaban y rápidamente superaría los límites de la imaginación de los más ocurrentes, con aplicaciones en biomedicina, biotecnología, agricultura y medio ambiente. Las aplicaciones de las diversas variantes del sistema CRISPR-Cas original en la salud permitieron interrogar sobre la función biológica de diversas regiones del genoma, evitar la replicación del virus de la hepatitis C en células humanas, o instalar o revertir mutaciones puntuales relacionadas con enfermedades humanas, como en la anemia falciforme o la enfermedad de Tay-Sachs. El potencial de esta herramienta es enorme. Este sistema podría, teóricamente, corregir hasta el 90% de las enfermedades genéticas conocidas en nuestra especie.

La idea de corregir la información genética y, así, curar enfermedades es sin dudas un viejo sueño humano. CRISPR no caminaba aun cuando en 1997 se estrenó la película *Gattaca*, que cuenta la historia de un escenario distópico donde avances en la ingeniería genética permiten que los seres humanos puedan ser 'mejorados'. Esto hacía que aquellos humanos 'perfeccionados' tuviesen la posibilidad de mejor salud y acceso a trabajos y oportunidades superiores, mientras que aquellos que contaban con una genética 'natural' quedaban relegados. El personaje principal, sin ayuda de la ciencia, no se rinde frente a su sueño de ser astronauta, y mediante fraudes y engaños intenta esquivar los controles del sistema, planteando a fines del siglo XX el dilema de la edición génica y su ética. Con Doudna y Charpentier, CRISPR-Cas como herramienta de edición logró subirse a los hombros de las tecnologías genómicas y de terapia génica, dando un salto enorme en el área. Hoy hay más de cuarenta ensayos clínicos aprobados con técnicas CRISPR y su crecimiento no se detiene, habiendo aumentado en 30% solo en el último año. Entre ellos se cuentan ensayos para la cura de enfermedades de la sangre, tumores sólidos, leucemias y linfomas. Pero volvamos a las implicancias éticas de la edición génica: la condición para realizar cualquier ensayo en humanos es que CRISPR no afecte la línea germinal, es decir, óvulos y espermatozoides, ya que transmiten los genes a la siguiente generación. Hay un acuerdo internacional de la comunidad científica para evitar las potenciales aplicaciones de esta tecnología para 'mejorar' la especie. No respetarla genera descrédito y, como ya ha ocurrido, sanciones penales. La discusión ética aún prosigue.

Sin dudas, CRISPR merecía un premio Nobel. Podríamos discutir si las galardonadas son las únicas merecedoras o no, ya que la ciencia siempre se construye a hombros de descubrimientos sucesivos y escalonados, donde es difícil discernir cuál fue el salto clave. Lo que resulta indiscutible es que este sistema, originado en los organismos vivos más simples, nos ofrece una herramien-

ta poderosa y fascinante para modificar nuestro mundo. Comprenderla de forma racional y utilizarla de forma responsable para el beneficio de todos son desafíos ineludibles a los que nos enfrentamos como especie. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ANZALONE AV, KOBLAN LW & LIU DR, 2020, 'Genome editing with CRISPR–Cas nucleases, base editors, transposases and prime editors', *Nature Biotechnology,* 38, 7: 824-844.

JINEK M *et al.*, 2012, 'A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity', *Science*, 337 (6096): 816-821.

MOJICA FJM *et al.*, 2005, 'Intervening sequences of regularly spaced prokaryotic repeats derive from foreign genetic elements', *Journal of Molecular Evolution*, 60: 174-182.

MONTOLIU L, 2020, *Editando genes: recorta, pega y colorea. Las maravillosas herramientas CRISPR*, Next Door Publishers, 2a. edición.

PICKAR-OLIVER A & GERSBACH CA, 2019, 'The next generation of CRISPR–Cas technologies and applications', *Nature reviews Molecular cell biology,* 20, 8: 490-507.

Hernán Dopazo

Doctor en Ciencias Biológicas, FCEN-UBA.
Investigador del IEGEBA-Conicet.
Fundador de Biocódices SA.

FÍSICA

Ernesto Fabián Eiroa

Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE), Conicet-UBA

Agujeros negros: teoría y observación

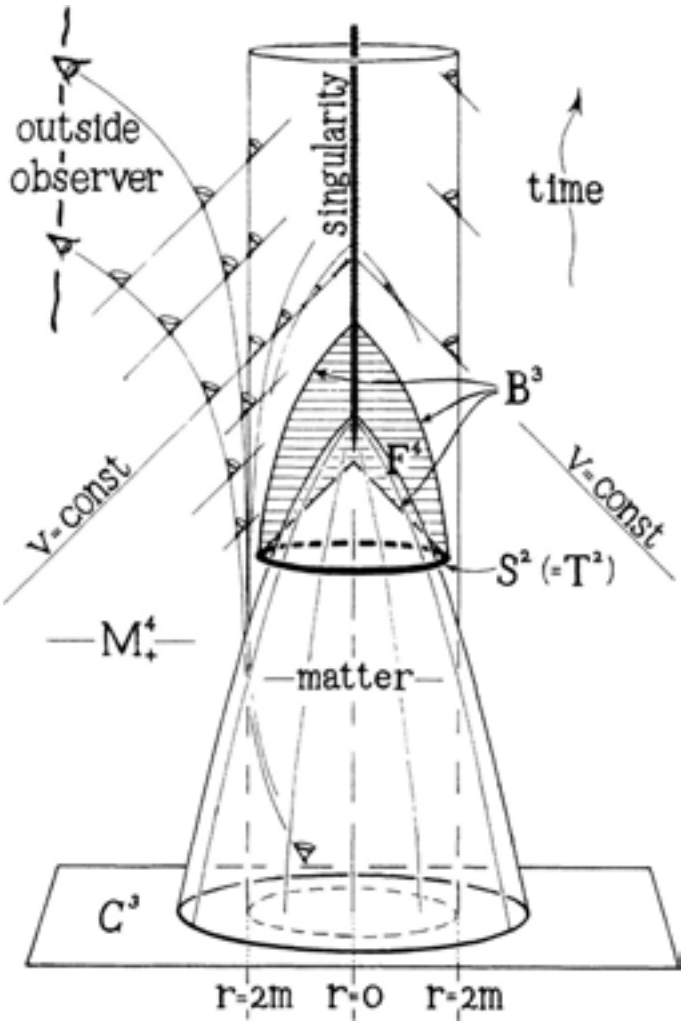
El premio Nobel de Física de 2020 fue otorgado a Roger Penrose (Colchester, Reino Unido, 1931), Reinhard Genzel (Bad Homburg vor der Höhe, Alemania, 1952) y Andrea Ghez (Nueva York, Estados Unidos, 1965) por la Real Academia de Ciencias de Suecia, en reconocimiento a sus investigaciones acerca de los agujeros negros. La mitad del premio corresponde a Roger Penrose por mostrar, en la década de 1960 usando técnicas matemáticas novedosas, que bajo hipótesis muy generales los agujeros negros pueden formarse de manera natural por colapso gravitatorio en el marco de la teoría de la relatividad general, y por describir estos objetos en detalle. Reinhard Genzel y Andrea Ghez comparten la otra mitad del premio por el descubrimiento del objeto compacto supermasivo (más de un millón de veces la masa de nuestro Sol) que se encuentra en el centro de nuestra galaxia –la Vía Láctea–, mediante la observación de las órbitas de las estrellas más cercanas que giran a su alrededor. Los períodos de estas órbitas requieren que haya un objeto compacto, con una masa de unos cuatro millones de masas solares dentro de una región más pequeña que la de nuestro sistema solar, o sea que se trata de un agujero negro.

La idea de objetos cuya gravedad es tan fuerte que la luz no puede escapar de ellos se remonta a fines del siglo XVIII con los trabajos del geólogo inglés John Michell (1724-1793) y del matemático francés Pierre-Simon Laplace (1749-1827), realizados en el contexto de la teoría corpuscular de la luz y de la gravedad de Newton. La gravedad newtoniana fue superada por la teoría de la relatividad general que Albert Einstein completó a fines de 1915, y que permitió explicar la denominada anomalía del perihelio del planeta Mercurio e hizo otras predicciones que se verificaron desde entonces. La solución a

Roger Penrose

Reinhard Genzel

Andrea Ghez



Tomado del original del artículo de Penrose, *Physical Review Letters*, 1965, 14: 57, que mostró que la simetría esférica no era necesaria para generar una singularidad y un horizonte de eventos. El dibujo, como ilustración, es para el caso esférico.

las ecuaciones de la teoría de Einstein con simetría esférica fue encontrada en 1916 por el físico y astrónomo alemán Karl Schwarzschild (1873-1916) y su resultado es la aparición de una singularidad, una ruptura del espacio-tiempo, rodeada por un horizonte de eventos, una frontera más allá de la cual no puede afectarse a un observador externo; en otras palabras, lo que actualmente llamamos agujero negro. Los físicos estadounidenses Robert Oppenheimer (1904-1967) y Hartland Snyder (1913-1962) mostraron, en 1939, que el agujero negro de Schwarzschild puede formarse por el colapso de una nube esférica de materia.

A comienzos de la década de 1960 se descubre que los cuásares, observados por primera vez unos pocos años antes, eran objetos extremadamente brillantes ubicados en el centro de galaxias lejanas y con una luminosidad cien veces mayor que la de una galaxia típica. La enorme radiación emitida por estos objetos podía explicarse por la acreción –agregado de materia– sobre un objeto compacto de millones de masas solares. Por otro lado, en 1963 el físico neocelandés Roy Kerr (1934) halla una solución más realista a las ecuaciones de Einstein que corresponde a agujeros negros rotantes pues, en general, los objetos astronómicos poseen rotación. Sin embargo, persistían dudas acerca de si el colapso gravitatorio podría dar lugar a un agujero negro en el caso más general, es decir, sin simetría esférica. Roger Penrose resolvió el problema en 1965 sin usar la condición de simetría esférica y suponiendo solamente que la materia colapsada tiene una densidad de energía positiva. Para ello, tuvo que inventar nuevos métodos matemáticos, como el concepto de superficie atrapada, una superficie bidimensional cerrada con la propiedad de que todos los rayos de luz ortogonales a ella convergen cuando se trazan hacia el futuro. De este modo, una vez que se forma la superficie atrapada, el colapso de la materia es inevitable, y aparecen el horizonte de eventos y la singularidad en su interior. De la región dentro del horizonte de eventos nada puede escapar, ni siquiera la luz, y la materia termina finalmente en la singularidad, de densidad infinita. Este trabajo de Penrose fue el que le otorgó a la existencia física de los agujeros negros una fundamentación sólida. En los años siguientes, Penrose y el físico británico Stephen Hawking (1942-2018) alcanzaron resultados similares para el caso de la singularidad cósmica donde el universo surge a partir de una singularidad en el pasado y se expande hasta el presente. El modelo de la gran explosión (Big Bang) requiere una tal singularidad.

A partir de los trabajos del estadounidense Edwin Salpeter (1924-2008) y de los soviéticos Yakov Zeldovich (1914-1987) e Igor Novikov (1935) se llegó, a mediados de la década de 1960, al consenso de que la emisión de los cuásares es el resultado de la acreción de materia sobre agujeros negros de gran masa. A fines de esa década el británico Donald Lynden-Bell (1935-2018) presentó una descripción teórica detallada del fenómeno y sugirió que la mayoría de las galaxias, aun las no activas, albergan un agujero negro supermasivo en su centro y que la Vía Láctea no debería ser una excepción. En 1971, Roger Penrose y RM Floyd ampliaron una idea anticipada un par de años antes por Penrose, de que la energía rotacional de un agujero negro de Kerr puede servir para extraer energía de él. En 1977, los británicos Roger Blanford (1949) y Roman Znajek (1951) utilizaron el proceso de Penrose para obtener un modelo realista de producción de energía de agujeros negros rotantes, de modo que en presencia de campos magnéticos pueden actuar como dinamos gigantes. Se considera actualmente que este mecanismo juega un papel importante en muchos agujeros negros y sus chorros de materia (*jets*).

Pero la observación detallada de la región central de

nuestra galaxia requirió el paso del tiempo y la aparición de nuevas tecnologías. Reinhard Genzel y Andrea Ghez desarrollaron, en forma independiente desde comienzos de la década de 1990, métodos para poder observar a través de las densas nubes de gas y polvo del centro de la Vía Láctea y refinaron las técnicas para compensar las distorsiones que produce la atmósfera terrestre. Los movimientos de las estrellas que orbitan el centro galáctico –ubicado a unos 26.000 años luz de nuestro planeta– fueron monitoreados durante casi tres décadas por dos grupos de observación, uno dirigido por Genzel en el Instituto Max Planck de Física Extraterrestre (MPE) de Alemania –que utilizó telescopios en Chile operados por el Observatorio Europeo Austral (ESO)– y el otro liderado por Ghez en la Universidad de California, Los Ángeles (UCLA) en Estados Unidos –que usó el Observatorio Keck en Hawái–.

Distinguir estrellas individuales que describen órbitas en la región muy poblada del centro galáctico requiere una excelente resolución espacial. El oscurecimiento debido al polvo interestelar en el centro de la Vía Láctea inhibe la observación en longitudes de onda en el rango visible, por lo cual los dos equipos llevaron a cabo sus observaciones en el infrarrojo cercano, lo que requirió instrumentos nuevos de mucha resolución y técnicas también novedosas. Por otro lado, las observaciones desde la Tierra sufren los cambios que ocurren en la atmósfera durante el largo tiempo de medición, para lo cual ambos grupos utilizaron técnicas de óptica adaptativa. ¿Por qué no usar telescopios espaciales? Porque resulta impráctico debido al largo tiempo de medición necesario para recuperar la señal y poder seguir las órbitas estelares alrededor del centro galáctico. La óptica adaptativa utiliza láseres para generar estrellas falsas que sirven para monitorear en tiempo real las distorsiones producidas por la atmósfera lo que permite, mediante cambios controlados en la forma de un espejo secundario, compensar las turbulencias del aire y corregir la imagen del objeto astronómico observado.

Los investigadores siguieron unas treinta de las estrellas más brillantes entre la multitud presente en el centro galáctico, alrededor de la fuente compacta de radio Sagitario A*. En particular una de ellas, denominada S2 o SO2, completa su órbita alrededor del centro de la galaxia en menos de dieciséis años. La interpretación –muy robusta– de estas observaciones es que el objeto compacto en el centro galáctico es un agujero negro de unos cuatro millones de masas solares.

Adicionalmente, los destellos de rayos X y en el infrarrojo cercano que se observan desde la misma posición pueden atribuirse naturalmente a variaciones en el flujo de acreción hacia un agujero negro de esta magnitud. Se suma además la reciente imagen del agujero negro supermasivo ubicado en el centro de la galaxia elíptica cercana M87, anunciada el año pasado por la colaboración Telescopio Horizonte de Eventos (EHT), que muestra una región oscura central rodeada por el disco de acreción. Se han producido grandes avances en la comprensión de estos enigmáticos objetos que dominan el centro de las galaxias. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ECKART A & GENZEL R, 1996, "Observations of stellar proper motions near the Galactic Centre", *Nature*, 383: 415.

GHEZ AM, KLEIN BL, MORRIS M & BECKLIN EE, 1998, "High proper-motion stars in the vicinity of Sagittarius A*: Evidence for a supermassive black hole at the center of our galaxy", *The Astrophysical Journal*, 509: 678.

HAWKING SW, 1965, "Occurrence of singularities in open universes", *Physical Review Letters*, 15: 689.

HAWKING SW & PENROSE R, 1970, "The singularities of gravitational collapse and cosmology", *Proceedings of the Royal Society of London Series A*, 314: 529.

PENROSE R, 1965, "Gravitational collapse and space-time singularities", *Physical Review Letters*, 14: 57.

Ernesto Fabián Eiroa

Doctor en Ciencias Físicas, UBA.
Investigador independiente del Conicet.
eiroa@iafe.uba.ar

La diversidad
nos hace únicos
Unidos
somos más

Natalia Debandi
Instituto de Investigaciones en Políticas Públicas y Gobierno,
Universidad Nacional de Río Negro

Ana Paula Penchaszadeh
Instituto de Investigación Gino Germani,
Facultad de Ciencias Sociales, UBA

Ser migrante en tiempos de pandemia

El término *migrante* expresa en este artículo una categoría a la vez sociogeográfica y jurídica, ya que es preciso cruzar una frontera internacional para devenir migrante y también poseer el atributo de no nacional. Se trata, pues, de una categoría bifronte, asociada con el concepto mismo de frontera, ya que, como explicaba el sociólogo franco-argelino Abdemalek Sayad (1933-1998), 'la presencia aquí es una ausencia allá'.

Con el cierre casi absoluto de las fronteras internacionales y la obstaculización de los movimientos internos, una parte fundamental del concepto de migración perdió sentido. Casi nadie puede salir ni entrar, lo cual vale sobre todo para para los migrantes, pero también afectó en no poca medida tanto a nacionales en el extranjero como a no nacionales con residencia legal en la Argentina. Cayó por tierra, también, la distinción tradicional entre migración forzada, resguardada por el principio de no devolución al país de origen y por la protección internacional, y migración voluntaria, asociada con razones económicas y sociales. En agosto de 2020, momento en que terminamos el texto de este artículo, toda migración se había vuelto forzada ante la imposibilidad de retornar al país de origen.

En este nuevo contexto, ¿deben los Estados anfitriones asumir la misma responsabilidad para con todos quienes se encuentran en sus territorios? Pueden hacerlo tanto por razones ético-humanitarias –las personas, al fin y al cabo, tienen derechos que son independientes de su lugar de nacimiento– como prácticas, en pos de contener el avance de la pandemia. Es decir, ¿van juntas las obligaciones de las personas de permanecer en sus casas

¿DE QUÉ SE TRATA?

Irregularidad, informalidad y marginalidad de los migrantes en la Argentina.

y no circular, y de los Estados de proveer lo necesario para que se pueda cumplir con el aislamiento social preventivo? Téngase presente que si los Estados no lo hacen, o si no incluyen a determinados grupos, como los migrantes, entre los beneficiarios de sus prestaciones, comprometen el éxito de dicho aislamiento.

La población migrante de la Argentina incluye tanto a extranjeros que residen de manera permanente o temporaria en el país (unos 2,2 millones, según estimaciones actuales), como a argentinos que residen de manera permanente o temporaria en otros países (cuyo número asciende a alrededor de un millón). Se trata, entonces, de más de 3 millones de personas que han quedado forzosamente inmovilizadas en distintos destinos. Este artículo se enfoca en la situación del primer grupo, la población migrante que reside en la Argentina, y en particular aquella que por su situación económica y social se encuentra en situación de desventaja estructural, y que comparte las condiciones de vulnerabilidad de otros grupos nacionales (ancianos, niños, adolescentes, aborígenes, etcétera) y, en general, con las personas pobres, pero que experimenta dificultades adicionales y específicas en relación con los nacionales.

¿Un virus democrático?

En las primeras semanas de la pandemia, algunos intelectuales europeos afirmaron el carácter democrático de la COVID-19: 'La enfermedad afecta a todos por igual', decían, como lo hizo el filósofo esloveno Slavoj Žižek, citando al viceministro de Salud de Irán, Iraj Harirchi. A unas semanas de haberse desatado la tragedia sanitaria global y su crisis socioeconómica asociada, pareció advertirse que, en casi todos los países, el virus SARS-CoV-2 profundizó las desigualdades sociales preexistentes y no inauguró una nueva era de solidaridad universal. Estas inequidades se han expresado de manera elocuente en la brecha entre nacionales y migrantes.

Un factor que para muchos migrantes obstaculiza el ejercicio de sus derechos es la falta de documentos (o la demora en obtenerlos). La regularidad documentaria es una condición básica para el acceso, por ejemplo, a un trabajo formal, a un contrato legal de alquiler, a prestaciones de seguridad social y, en muchos países, a la salud, la educación y la justicia. Por esto, en numerosos países, entidades de bien público, incluidas organizaciones de migrantes, han lanzado la campaña 'Regularización ya'. Si bien algunos, como Portugal e Italia, han encarado regularizaciones documentarias en sus territorios con el fin de garantizar el acceso de trabajadores esenciales al mercado laboral, dicha campaña busca trascender esas regularizaciones de mercado y promueve regularizaciones de derecho, que incluyan a todas las personas sin papeles. Se entiende que el acceso a la regularidad documentaria es la llave de acceso a las políticas sociales de los Estados, y que no se puede cuidar (ni tampoco, llegado el caso, controlar) a una población no registrada. Debido a las dificultades para obtener los familiarmente llamados 'papeles', los migrantes se encuentran casi siempre en desventaja respecto de cualquier nacional.

La pandemia y la población migrante en la Argentina

Según la OIT, 164 millones de personas –dos terceras partes de los migrantes del mundo– realizan una gran proporción de las tareas indispensables para enfrentar hoy al coronavirus, pues actúan como enfermeras, médicos, personal de apoyo sanitario, limpiadores de instituciones médicas y otros. También sobre migrantes ha recaído el peso de muchas actividades necesarias para mantener el aislamiento social en el mundo, como cocinar, cuidar personas mayores, mensajería, producción y distribución de alimentos, transporte de personas y mercadería, etcétera. Muchas de estas personas se desempeñan de manera informal y precaria, y carecen de los mínimos resguardos sanitarios y laborales.

Los migrantes, independientemente de las causas por las que dejaron sus países de origen, incluso si son refugiados o solicitantes de asilo, buscan trabajar en el país de destino. En general, la proporción de desempleados entre ellos es menor que entre los nacionales, pero es mayor su precarización laboral. Según un informe de 2019 de la Organización Internacional de las Migraciones citado entre las lecturas sugeridas, esa precarización alcanza, en la Argentina, al 49% de los asalariados migrantes, en tanto que para nativos asciende al 33%. Igualmente, la proporción de asalariados pobres es mayor entre migrantes que entre no migrantes.

Una buena parte de población migrante estuvo entre quienes primero cayeron en situación de extrema vulnerabilidad con la irrupción de la COVID-19. Su precariedad laboral, más el hecho de que las tareas que realiza difícilmente pueden llevarse a cabo a distancia, fueron centrales para explicar la magnitud de las consecuencias inmediatas que tuvo sobre ella la desaceleración económica, producto del aislamiento social. Ese grupo ya vivía con ingresos apenas suficientes, cuando no envuelto en deudas y propenso a sufrir penurias.

Para conocer de primera mano la situación de esta población en la Argentina ante la llegada de la COVID-19, el proyecto Espacio Agenda Migrante 2020, del que forman parte las autoras, realizó durante abril pasa-

do una consulta a 1266 migrantes, refugiados y solicitantes de asilo contactados por vía de las redes sociales a través de las más de las cien entidades incorporadas al proyecto. La investigación incluyó, en adición, realizar 33 entrevistas a referentes de organizaciones migrantes de todo el país, para complementar en términos cualitativos el estudio. Los resultados se dieron a conocer el 8 de mayo.

Si bien las respuestas obtenidas no son estadísticamente representativas de toda la población migrante en la Argentina, sí expresan las dificultades y temores de gran parte de ella. De esas respuestas, el 63% fue de mujeres, y el 64% de personas económicamente activas, es decir, de entre 25 y 34 años. El 58% declaró encontrarse en pareja con un argentino o un migrante, y el 53% informó tener hijos a cargo. El 47% de los consultados fueron venezolanos, lo cual, aunque indica un sesgo en la muestra, revela las necesidades y urgencias de quienes se vieron más motivados a responder al cuestionario.

En materia laboral, el 20% de quienes contestaron a la pregunta 'Antes de que se declarara la emergencia por el coronavirus, ¿se encontraba usted trabajando?' indicó que no trabajaba antes del aislamiento obligatorio, grupo que incluye a estudiantes y personas mayores; el 55% de respondientes indicó que trabajaba de manera informal; el 13% dijo haber sufrido una reducción significativa de sus ingresos, y el 58% informó haber dejado por completo de percibirlos.

Esta súbita falta de trabajo y de ingresos sorprendió a una población históricamente poco beneficiada por las prestaciones sociales del Estado. Al pedido de indicación de los beneficios o ayudas sociales percibidos por el respondiente o un miembro de su familia, el 71% de los consultados declaró que no contaban con tal apoyo estatal. Al mismo tiempo, los referentes de las organizaciones de migrantes señalaron en forma recurrente que en su mayoría, por lo menos antes de la pandemia, los miembros y beneficiarios de esas entidades no quería recibir ayudas sociales, dado que consideran que el trabajo reivindica su condición migrante y da acceso al progreso social. Así, como veremos más adelante, muchos migrantes que afirmaban reunir los requisitos para ser incluidos en las medidas específicas de asistencia socioeconómica y sanitaria del gobierno no pudieron acceder a ellas.

Sobre el estatus migratorio de los encuestados, el 39% manifestó tener radicación permanente; el 32%, radicación temporaria; el 15%, radicación precaria; el 8%

tener la radicación en trámite y el 6%, no haber iniciado aún el trámite.

En la práctica, los papeles valen más que las personas

A pesar del marco jurídico vigente –considerado por algunos autores como ejemplo en el mundo por su paradigma de inclusión–, la cuestión documentaria y los años de residencia en el país siguen siendo variables centrales de exclusión. El uso del DNI se encuentra generalizado, tanto en el ámbito público como en el privado, y constituye la llave de acceso a bienes, derechos, servicios, beneficios y contratos de toda índole. La mayor parte de los programas sociales del Estado están condicionados a la posesión de un DNI, así como a plazos de regularidad y residencia. Esto ha obstaculizado el acceso de la población migrante, por ejemplo, al Ingreso Familiar de Emergencia, la medida específica destinada a paliar la situación de necesidad de familias con escasos recursos en el marco de la pandemia.

A la pregunta '¿Pudo acceder al Ingreso Familiar de Emergencia?', solo el 6% contestó haber accedido efectivamente al beneficio. El 47% de los interrogados contestó que no pudo registrarse; el 33%, que lo hizo, pero no le otorgaron el beneficio; el 8% que ignoraba qué era o que llegó tarde, y el 6% que estaba a la espera de la respuesta. Entre los requisitos establecidos por el gobierno nacional para acceder a la prestación están 'ser argentino nativo o naturalizado, o residente con una residencia legal en el país no inferior a dos años'. Con esto quedaron excluidos precisamente quienes se ven más expuestos a la pobreza y la indigencia.

La Ley Nacional de Migraciones (25.871), que aborda la migración desde un enfoque de derechos, permitió superar el concepto de migrante ilegal que conllevaba una connotación criminal de las personas migrantes. En la Argentina la irregularidad documentaria es una contravención administrativa, por lo que la figura de residencia legal como requisito del IFE no resulta congruente con los estándares normativos vigentes. Irregularidad documentaria no equivale a ilegalidad en el sentido de violatorio de la legislación civil o penal. Al hablar de inmigrante legal queda connotado el concepto de inmigrante ilegal, lo que nos pone en conflicto con el respeto de los derechos humanos que es parte del orden jurídico nacional.

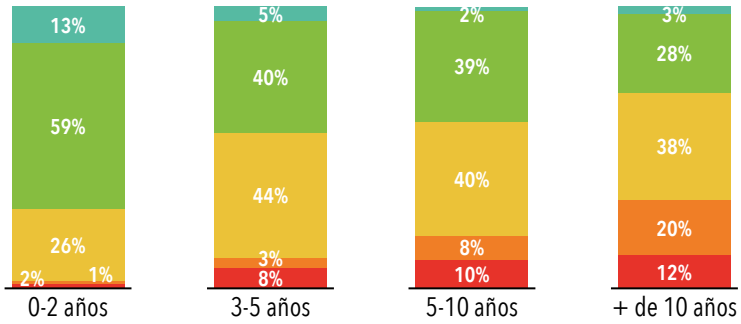
En 2017, la Dirección Nacional de Migraciones estableció un sistema automático de turnos que generó muchísimas demoras y acumuló retrasos, así como un sistema virtual de radicación a distancia, conocido como RADEX, que terminó por hacer más lento y, en muchos casos, bloquear el proceso de documentación. Ambos continúan vigentes. Además, las tasas de radicación sufrieron aumentos de hasta diez veces. Como resultado de todas estas decisiones administrativas, en 2018 el número de radicaciones aprobadas cayó por primera vez desde el inicio de los programas nacionales de regularización documental en 2006.

El tiempo que toma a un migrante obtener una residencia permanente es, en el mejor de los casos, unos cuatro años. Primero se debe acceder a la *residencia precaria*, estatus que otorga la regularidad migratoria y que, para muchos, dura por lo menos uno o dos años. Luego se accede a la *residencia temporaria*, otorgada por dos años, y por último se obtiene la residencia permanente. En los hechos, el trámite toma por lo general más tiempo y, si se tienen en cuenta las mencionadas demoras de gestión de turnos, exigir una residencia temporaria o permanente de más de dos años deja afuera a las personas que más requieren de ayuda social. Esta maraña de dificultades resulta difícil de superar toda vez que muchos migrantes han sido puestos en condiciones irregulares por las normas o los procedimientos del propio Estado.

Un caso que merece mención es el de quienes no encuadran en ninguna de las categorías migratorias establecidas en las normas vigentes, como los ciudadanos de países ajenos al Mercosur (con los cuales la Argentina no ha firmado acuerdos de residencia), o quienes carecieran de documentos de identidad o no pudiesen pagar las

tasas migratorias. Estas personas quedan frecuentemente imposibilitadas para acceder a los mecanismos de regularización vigentes.

Como lo indica el gráfico, la cantidad de personas que no accedieron al Ingreso Familiar de Emergencia, o que ni siquiera pudieron registrar su pedido, es muy alta entre aquellas que llevan menos de dos años de residencia en la Argentina: el 85% sumando ambas categorías. Sin embargo, es también alta para los migrantes con más años de residencia en el país. Esto hace pensar que, a las ya muy restrictivas condiciones impuestas, se sumaron problemas de validación de datos o trabas burocráticas.



Situación con respecto al Ingreso Familiar de Emergencia de algunos grupos (según tiempo de residencia en la Argentina) de respondientes de la encuesta descripta en el texto. Las categorías indicadas por los colores son, de abajo a arriba: rojo, esperando respuesta a la solicitud; anaranjado, pedido aprobado; amarillo, pedido denegado; verde, pedido omitido; turquesa, sin noticias del subsidio o llegados tarde a solicitarlo.

A modo de conclusión

La situación descripta indica la existencia de factores estructurales por los cuales los migrantes resultan –por así decirlo– incluidos por exclusión en la sociedad argentina. Esos factores permiten comprender por qué la presente pandemia y sus medidas asociadas afectan de manera directa y selectiva a las personas migrantes. Entre ellos se destacan la cuestión documentaria y los años de residencia, que constituyen la llave de acceso al mundo de la formalidad y de los derechos. De ahí la consigna de la campaña 'Regularización ya' para garantizar el acceso de todos a las políticas de cuidado y mejorar el resultado de las acciones de prevención emprendidas por los distintos niveles de la administración estatal. Pero excluir de facto a los migrantes no es solo contrario a la tradición jurídica proclamada del país y a los derechos humanos: puede resultar perjudicial para la ciudadanía al aumentar los riesgos de ocasionar, temprano o tarde, una sobrecarga del sistema sanitario y de las estructuras de contención social, como se ha observado en otros países. Anticiparnos y respetar la concepción de la Argentina como país hospitalario puede morigerar el avance de la pandemia. CH

LECTURAS SUGERIDAS

AAVV, 2019, *Condiciones de vida de migrantes en la República Argentina*, Organización Internacional para las Migraciones, Buenos Aires, accesible en *http://argentina.iom.int/co/ condiciones-de-vida-de-migrantes-en-la-rep%C3%BAblica-argentina-caracterizaci%C3%B3n-de-la-poblaci%C3%B3n-migrante*.

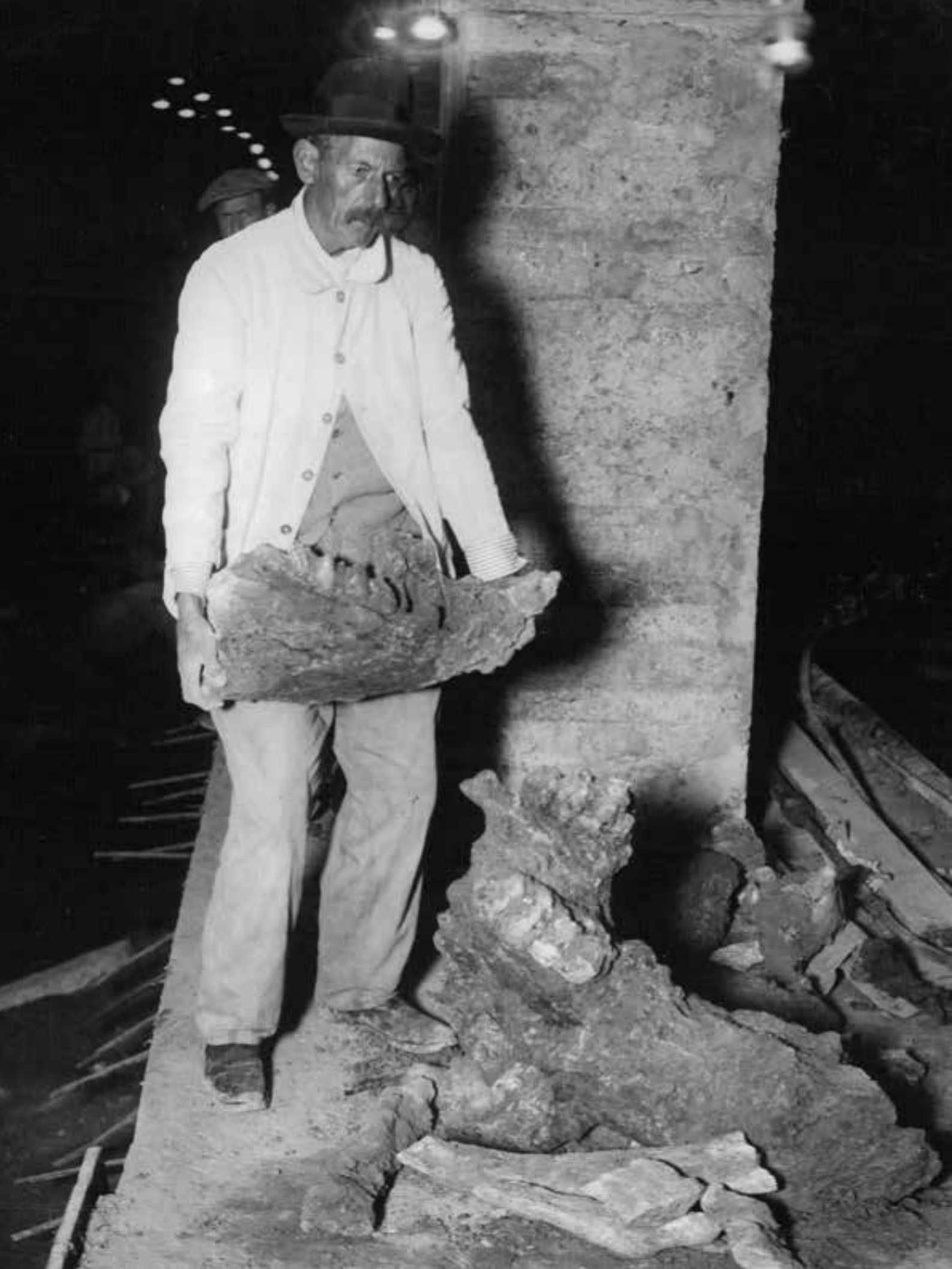
NOVICK S, 2008, 'Migración y políticas en la Argentina: tres leyes para un país extenso (1876-2004)', *Cuadernos del Pensamiento Crítico Latinoamericano,* 14, accesible en *http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20100829033439/14_novick.pdf*.

SAYAD A, 1984, 'État, nation et immigration: l'ordre national à l'épreuve de l'immigration', *Peuples méditerranéens*, 27-28: 187-205, accesible en *http://www.apuntescecyp.com.ar/ index.php/apuntes/article/view/122*.

SAYAD A, 1999, *La double absence: des illusions de l'émigré aux souffrances de l'immigré*, Seuil, París. Traducción castellana: *La doble ausencia: de las ilusiones del emigrado a los padecimientos del inmigrado*, Anthropos, Barcelona, 2010.

Natalia Debandi
Doctora en ciencias sociales,
UBA-París IV Sorbona.
Investigadora asistente del Conicet en el Instituto de Investigaciones en Políticas Públicas y Gobierno, Universidad Nacional de Río Negro.
ndebandi@unrn.edu.ar

Ana Paula Penchaszadeh
Doctora en ciencias sociales, UBA,
y en filosofía, París XVIII.
Investigadora adjunta del Conicet en el Instituto de Investigación Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, UBA.
anapenchas@gmail.com



Federico L Agnolin
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia (MACN)

Horacio Padula
Centro de Interpretación de Arqueología y Paleontología,
Ministerio de Cultura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Fósiles porteños

Desde mediados del siglo XIX, los paleontólogos buscan y encuentran restos fósiles de animales en la ciudad de Buenos Aires y sus inmediaciones. La ciudad nació hacia fines del siglo XVI ajustada a las prescripciones de la Corona española, contenidas en las Ordenanzas de la Población, que eran parte de las Leyes de Indias. Esas normas incluían, entre otras muchas disposiciones, que en la selección del emplazamiento y en el trazado de nuevos pueblos o ciudades se respetaran las condiciones topográficas y las cuencas fluviales, lo cual, hasta cierto punto, sucedió cuando en 1580 Juan de Garay fundó la Ciudad de la Santísima Trinidad y Puerto de Santa María del Buen Ayre. Puede decirse que esas características se mantuvieron hasta la segunda mitad del siglo XIX, cuando la 'Gran Aldea' comenzó un acelerado crecimiento, el cual causó una alteración o por lo menos un ocultamiento de la topografía natural, incluidos el aplanamiento de desniveles y el entubado de arroyos. El proceso se incrementó en magnitud a partir de mediados del siglo XX y ocultó la riqueza paleontológica enterrada en el subsuelo, debajo de los pies de los porteños. Hoy se procura conservar esos fósiles, lo mismo que los restos arqueológicos de más de cuatro siglos de asentamiento urbano, que revelan facetas de la historia natural y cultural de la presente megalópolis. Este artículo se refiere a los fósiles, de los que se ocupan profesionalmente los autores.

Página anterior. Fósiles encontrados en 1931 en la excavación de la línea B del subterráneo, en la estación Leandro N Alem. AGN.
Arriba. Fósiles de gliptodonte aparecidos en un predio baldío. Fotografía sin fecha, AGN.

¿DE QUÉ SE TRATA?

La geología y la paleontología ocultas por los edificios y los pavimentos de la ciudad de Buenos Aires.

Yacimientos de tosca, clima subtropical y megamamíferos

Los sedimentos más antiguos que afloran en Buenos Aires datan de hace más de un millón de años (Ma) y pertenecen al Pleistoceno, una época del tiempo geológico que se extiende entre hace unos 2,59Ma y aproximadamente 10.000 años antes del presente. Entre esos sedimentos está la tosca, principalmente compuesta por carbonato de calcio endurecido. Así, entre la Casa Rosada, construida donde estuvo el fuerte, y la actual plaza San Martín, en la costa del río se extendían amplias zonas fangosas interrumpidas por promontorios o lenguas de tosca, lo que formaba piletas naturales a las cuales era habitual que concurrieran lavanderas, como es conocido por difundidos grabados del temprano siglo XIX. Esas toscas eran ricas en fósiles y fueron visitadas de manera asidua por los naturalistas de dicho momento. Uno de los primeros investigadores en recorrerlas fue un ingeniero de minas francés devenido paleontólogo, Auguste Bravard (1803-1861), que en 1854 fue contratado por el presidente de la Confederación Argentina, Justo José de Urquiza (1801-1860), para que relevara los minerales y fósiles del país. Hoy ese tipo de formaciones se logran ver ocasionalmente en bajantes extraordinarias del río, por ejemplo, frente a la estación Anchorena del Tren de la Costa o en la reserva ecológica Costanera Sur.

Tales yacimientos de tosca datan de entre unos 980.000 y 780.000 años antes del presente, y albergan restos de animales que vivieron en un clima subtropical húmedo y en un medio con importantes procesos fluviales, posiblemente semejante al actual chaco húmedo, que podemos encontrar en el este de las provincias del Chaco y de Formosa. En el área bonaerense se han encontrado restos fósiles de lobitos de río (o nutrias), de jaguares, de un extinguido osito lavador o mapache gigante (*Cyonasua merani*), y los únicos conocidos del mayor pecarí que existió en estas tierras (*Catagonus metropolitanus*), un animal también extinguido que en vida alcanzaba unos 100kg. En 1957, excavaciones realizadas por el Ministerio Nacional de Obras Públicas en Palermo resultaron en el hallazgo de una nueva especie de tapir, hoy en día extinguida (*Tapirus rioplatensis*).

En estratos de tosca se ha dado asimismo con fósiles de varias especies de extinguidos megamamíferos pampeanos, que llegaron a pesar más de una tonelada, entre ellos el perezoso gigante (*Megatherium* sp.) de unos 6 metros de largo y más de 5 toneladas de peso, y el enorme oso pampeano (*Arctotherium angustidens*) que superaba los 3 metros de alto y pesaba casi 1800kg. Pero no todos los animales encontrados fueron gigantes: se rescataron también los restos de pequeñas lagartijas, sapos y aves, que convivieron con la megafauna, como lo atestigua el cráneo casi completo, hallado por Bravard (que se encuentra en el British Museum), de un loro extinguido (*Cyanoliseus ensenadensis*), pariente cercano del loro barranquero actual (*Cyanoliseus patagonus*).

Mares porteños

El citado Bravard hizo un descubrimiento de gran interés hacia 1857. Recorriendo las barrancas del río de la

Cráneo fosilizado del oso pampeano *Arctotherium angustidens* que se conserva en en la colección particular Janeir Audé registrada según ley 25.743. Mide 34,5cm de largo y 21,5cm de ancho.

Interpretación del aspecto que habría tenido el oso pampeano *Arctotherium angustidens*. Parado en sus patas traseras habría superado los 3 metros de alto y pesado unos 1800kg.

Plata a la altura del entonces pueblo y presente barrio de Belgrano, encontró en donde hoy corre la calle Arcos y a varios metros por sobre el nivel del río una capa de unos seis metros de espesor con caracoles marinos. Describió unas 36 especies de moluscos del mar que inundó la ciudad hace unos 100.000 años, conocido como ingresión o *mar Belgranense*. Era de aguas bastante más cálidas que las de las actuales costas bonaerenses. La mayor cantidad de valvas fósiles de ese yacimiento correspondió a la especie *Crassostrea rizophorae*, u ostra de manglar, de hasta 14cm de longitud, que hoy solo se encuentra en los cálidos mares caribeños y vive adherida a las raíces de los manglares del trópico americano.

En la actualidad la mayoría de los fósiles del mar belgranense que quedaron en tierra firme están ocultos bajo el asfalto o tapados por los escombros de edificios demolidos, pero otros están en estratos que quedaron bajo las aguas del río, el cual cada tanto arranca materiales de algunos de ellos y los deposita en la costa. Se han encontrado improntas de antiguos caracoles entre los escombros usados como relleno en la reserva ecológica Costanera Sur, y en la barranca que desciende la calle La Pampa a partir de Arribeños el equipo del Centro de Interpretación de Arqueología y Paleontología –que integra uno de los autores– rescató rocas formadas casi íntegramente por bivalvos, entre ellos *Erodona mactroides*, un molusco que hoy habita aguas del estuario del Plata y es la especie más representativa de los estratos del antiguo mar mencionado.

La ingresión marina belgranense no fue la única que aconteció en el área de Buenos Aires. Perforaciones a gran profundidad practicadas en la ciudad muestran que hace entre unos 9 y 6Ma, otra ingresión, conocida como *paranaense*, inundó unas tres cuartas partes del territorio que hoy ocupa la Argentina y se extendió hasta el Amazonas. En la región pampeana, las sierras de Ventania y Tandilia habrían quedado expuestas como grandes islotes de ese mar, que se habría originado por movimientos de la corteza terrestre y cuya profundidad apenas habría alcanzado unos 100m. Sedimentos de esa transgresión marina también afloran en otras regiones del país, como las barrancas del Paraná y la Patagonia.

La más reciente inundación

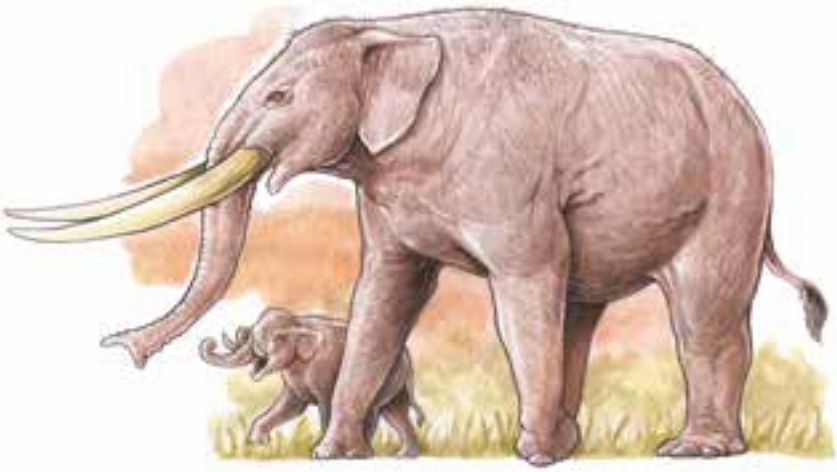
Hace entre unos 8000 y 6000 años, esta región de Sudamérica sufrió la más reciente incursión marina, conocida como querandinense. El mar invadió gran parte de la provincia de Buenos Aires y depositó enormes cantidades de conchillas, que suelen verse a lo largo de la ruta provincial 11 en viaje hacia las playas atlánticas. Ello ocurrió en un período de clima relativamente cálido, en el que el agua de deshielo de los casquetes polares aumentaba el nivel de los océanos. Transformó el estuario del Plata en un golfo marino y excavó las barrancas naturales de la ciudad. Sus depósitos de conchilla aparecen ocasionalmente cuando se practican excavaciones de poca profundidad. Así, en 1893 el primer director del zoológico porteño, el naturalista y escritor Eduardo L Holmberg (1852-1937), encontró restos depositados por este mar, incluyendo el fémur de un lobo marino, durante excavaciones para crear las piletas destinadas a yacarés. En 2014 se hallaron en la reserva ecológica Costanera Sur restos de un coral (*Oculina patagonica*) que habitó esas aguas hace miles de años y que hoy existe frente a las costas sudamericanas.

El mar querandinense es geológicamente tan reciente que todavía no es raro advertir la presencia de ballenas o delfines nadando o varados en el Río de la Plata y en el Paraná. Incluso, en el siglo XIX se vieron grupos de toninas nadando en el Uruguay frente a Gualeguaychú. Algunos investigadores interpretan que los cetáceos modernos, al seguir rutas migratorias recorridas por sus ancestros por milenios, podrían haberse aventurado estuario arriba confundidos y, en aguas hostiles, terminen varados. El hecho de que esta conducta se haya observado en más de quince especies de cetáceos sería evidencia sustentadora de esta hipótesis.

La fauna prehistórica porteña

Los terrenos sobre los que se emplaza la ciudad de Buenos Aires tienen una larga y variada historia geológica. Como parte de ella, las toscas ribereñas se depositaron durante tiempos de clima mayormente cálido y húmedo. Por encima de ellas, es decir, de fecha más tardía, existen sedimentos arenosos de color rojizo, que aparecen en cualquier excavación más o menos profunda. Pertenecen a capas que datan de hace entre 700 y 130.000 años, cuando imperaba un clima más frío, árido a semiárido, similar al presente de la Patagonia.

En estos sedimentos también aparecen integrantes de la mencionada megafauna, en especial, gliptodontes (*Glyptodon reticulatus*), unos armadillos acorazados gigantes cuyos restos son muy comunes en la región pampeana, al punto de que no es extraño hallar placas óseas de sus caparazones, con su característica forma de roseta, en las playas atlánticas, arrojadas allí por el mar. Los gliptodontes más grandes rondaban los 3 metros de longitud y se acercaban a las 2 toneladas de peso. Se encontraron caparazones de gliptodontes en la excavación de los túneles de los trenes subterráneos, algunos de los cuales se exhiben en las estaciones Juramento (línea D) y Triunvirato (línea B). También aparecieron en la excavación de la actual Biblioteca Nacional, comenzada a edificar en 1971. El proyectista principal del edificio, Clorindo Testa (1923-2013),



Arriba. Interpretación del aspecto que habría tenido el armadillo acorazado gigante *Glyptodon reticulatus*, descripto en 1845 por el paleontólogo inglés Richard Owen (1804-1892). Podría haber medido unos 3m de largo, 1,5m de alto y pesado hasta 2 toneladas.
Abajo. Interpretación del aspecto que habría tenido el perezoso gigante *Megatherium americanum*, de unos 6m de largo y más de 5000kg de peso. Fue encontrado por primera vez en 1788, a orillas del río Luján y enviado a Madrid, donde fue identificado por Georges Cuvier (1769-1832), considerado padre de la paleontología.

Arriba. Interpretación del aspecto que habría tenido el tigre dientes de sable *Smilodon populator*, uno de los mayores felinos de los que se tiene noticias. Se estima que pudo pesar hasta unos 400kg y rondar la altura de 120cm.
Abajo. Interpretación del aspecto que habría tenido el mastodonte *Notiomastodon platensis*, un proboscídeo de las pampas pariente de los actuales elefantes. Se ha estimado que habría medido alrededor de 2,5m de alto en las ancas y pesado unas 7,5 toneladas.

comentó en 1992, al ser inaugurada la obra y no sin un toque de ironía: 'Un gliptodonte reemplaza a otro'.

Otros megamamíferos pampeanos de aparición frecuente en forma de fósiles son los perezosos terrestres, como el mencionado megaterio (*Megatherium* sp.). Sus parientes más cercanos son los perezosos arborícolas de movimientos extremadamente lentos que hoy habitan colgados de las ramas en bosques y selvas de América Central y del Sur. Los antiguos perezosos de las pampas medían más de 2m de longitud y superaban 500kg de peso. Sus movimientos eran relativamente ágiles y tenían la capacidad de desplazarse sobre sus patas traseras. Cubría su cuerpo una piel peluda, en algunos casos protegida por una suerte de armadura móvil compuesta por innumerable cantidad de pequeños huesillos. En 2009, se encontró en Floresta el húmero de un ejemplar juvenil de celidoterio (*Scelidotherium leptochephalum*), otro género de perezoso gigante. En 2015 se hallaron una tibia de milodonte (*Mylodon darwini*) en Puerto Madero, los restos de otro perezoso que aparecieron al edificar un hotel en la calle Montevideo 937, y los de un tercero en Defensa 1136, en San Telmo.

En julio de 1931, en obras de ampliación de la terminal Alem de la línea B de subterráneos, se dio con lo que parecía un gigantesco colmillo, que el biólogo y paleontólogo Martín Doello-Jurado (1884-1948), entonces director del MACN, identificó como la defensa de un mastodonte (*Notiomastodon platensis*), es decir, de otro megamamífero de las pampas, pariente de los elefantes. Al igual que estos, los mastodontes portaban dos enormes dientes incisivos conocidos como defensas (y erróneamente llamados colmillos); eran más robustos que sus parientes modernos: alcanzaban unos 2,5m de altura en las ancas y unos 7,5 toneladas de peso. Actualmente en el MACN se exhiben la defensa y otros restos óseos de este mastodonte.

Cuando a comienzos de la década de 1930 se construyó un nuevo mercado de abasto en la avenida Corrientes (hoy convertido en centro comercial), la necesaria excavación de unos 115m de largo y 16m de profundidad sa-

có a la luz considerable cantidad de fósiles, identificados por el paleontólogo autodidacta Carlos Rusconi (1898-1969), quien supervisó su remoción y los atribuyó a 21 individuos de unas 9 especies de mamíferos fósiles, entre ellos macrauquenias, mamíferos que recuerdan a los camélidos (*Macrauchenia patachonica*), con una probóscide semejante a la del tapir actual; mesoterios (*Mesotherium cristatum*), ungulados con aspecto de carpincho; gliptodontes y perezosos terrestres. Rusconi constató, además, la existencia de una capa de cenizas volcánicas de unos dos centímetros de espesor, evidencia de erupciones volcánicas que hace miles de años habrían afectado la región donde está la ciudad de Buenos Aires.

En torno al final del Pleistoceno y los comienzos de la época geológica actual, el Holoceno, es decir, entre hace unos 12.000 y 8000 años antes del presente, se produjo la extinción de casi todos los grandes herbívoros y sus predadores, entre los cuales el carnívoro más notorio era el tigre dientes de sable (*Smilodon populator*). Si bien esa desaparición se extendió a todo el planeta, en América del Sur fue particularmente marcada y afectó a unas cincuenta especies de mamíferos gigantes.

Durante los últimos cinco millones de años hubo importantes cambios climáticos que, como es predecible, afectaron el ambiente y a las comunidades animales. Fueron más pronunciados a fines del Pleistoceno, cuando acaeció un incremento de las temperaturas que ocasionó la reducción de las áreas cubiertas por glaciares. El derretimiento de los hielos produjo un aumento del nivel del mar, cuyas aguas inundaron vastas zonas continentales, entre ellas las cubiertas por el mencionado mar querandinense. Estos cambios seguramente afectaron a grandes mamíferos sudamericanos, adaptados a los anteriores ambientes gélidos y áridos.

Un factor más que podría haber sido el golpe de gracia para estos herbívoros es la aparición, hace por lo menos unos 15.000 años, del ser humano en el continente sudamericano. Sabemos que mamíferos como megaterios, gliptodontes de gran tamaño llamados doedícuros (*Doedicurus clavicaudatus*) y milodontes fueron cazados por grupos humanos. Aunque quizá esto no haya sido el factor desencadenante de la extinción de una fauna que habían evolucionado en región durante unos cinco millones de años, es probable que haya contribuido a ella.

Trabajo de laboratorio sobre las vértebras de un perezoso halladas en la excavación preparatoria para construir un edificio en la calle Montevideo 937, Buenos Aires.

En suma, dado que el territorio sobre el que se encuentra la ciudad de Buenos Aires ha sido el teatro de innumerables cambios geológicos, biológicos y ambientales ocurridos a lo largo de millones de años, entre ellos cambios climáticos, inundaciones por ingresiones o entradas del mar, vulcanismo y extinciones faunísticas, cuando caminamos por una calle, lo hacemos sobre parte de la historia de nuestro planeta. CH

Los dibujos interpretativos fueron realizados por Gabriel Lio.

LECTURAS SUGERIDAS

AGNOLIN F, LUCERO S y PADULA H, 2018, 'Un lobo marino del Holoceno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires', *Urbania. Revista latinoamericana de arqueología e historia de las ciudades*, 7: 69-76.

NABEL PE y PEREYRA FX, 2002, *El paisaje natural bajo las calles de Buenos Aires,* Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Buenos Aires.

RUSCONI C, 1937, 'Contribución al conocimiento de la geología de la ciudad de Buenos Aires y sus alrededores, y referencia de su fauna', *Actas de la Academia Nacional de Ciencias*, X, 3a y 4a.

SOIBELZON E *et al.*, 2008, 'Análisis faunístico de vertebrados de las toscas del Río de la Plata: un yacimiento paleontológico en desaparición', *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 10: 291-308.

Federico L Agnolin

Doctor en ciencias naturales, UNLP.
Investigador adjunto en el MACN, Conicet.
Integrante de la Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
fedeagnolin@yahoo.com.ar

Horacio Padula

Licenciado en ciencias biológicas, UBA.
Centro de Interpretación de Arqueología y Paleontología, CABA.
horaciopadula@gmail.com

Paola Ferrero
Centro de Investigaciones Cardiovasculares, Conicet-UNLP

La mosca de la fruta y las drogas

Existe una minúscula mosca cuyo tamaño es de unos 3mm, que no zumba pero muchas veces danza veloz y en silencio debajo de nuestras narices, que por lo general procuramos eliminar cuando advertimos que ronda la canasta de la fruta o restos de vino en el fondo de un vaso, y que es una molestia impertinente en nuestras casas. Es inofensiva para los seres humanos y no transmite enfermedades a animales o plantas. Se llama la mosca del vinagre o de la fruta (*Drosophila melanogaster*).

De los términos griegos que forman su nombre científico, el del género alude a su afición por lugares húmedos y el de la especie, a su abdomen negro. Entre los primeros estudios científicos que recurrieron al pequeño díptero como modelo están los del genetista estadounidense Thomas Hunt Morgan (1866-1945), que identificó mutaciones causantes de cambios en el color de ojos de las moscas. Sobre la base de esas investigaciones concluyó que ciertos caracteres, como dicho color de ojos, se heredan según un patrón ligado con el sexo, pues dependen del cromosoma X. Además, postuló que los factores que se heredan y determinan las características de los organismos, es decir, los genes, se encuentran en los cromosomas, que son estructuras condensadas de ADN, el material genético. A esto último lo llamamos la teoría cromosómica de la herencia, que tiene su antecedente inicial en Gregor Mendel (1822-1884) y culminó con el descubrimiento de la forma de doble hélice de la molécula de ADN en la década de 1950 por James D Watson y Francis HC Crick.

Hunt obtuvo el premio Nobel de fisiología o medicina de 1933 por sus aportes, y con el correr de los años ese galardón fue concedido otras cinco veces a científicos que emplearon a *Drosophila melanogaster* como mode-

¿DE QUÉ SE TRATA?

Efectos que produce la exposición a sustancias como el alcohol, el tabaco, la marihuana, la cafeína y otras en la mosca de la fruta.

lo experimental. Lo recibieron Hermann Joseph Muller (1946), Edward B Lewis, Christiane Nüsslein-Volhard y Eric F Wieschaus (1995), Richard Axel y Linda Buck (2004), Jules A Hoffmann (2011), y Jeffrey C Hall, Michael Rosbash y Michael W Young (2017), quienes esclarecieron respectivamente las leyes de la herencia, la generación de mutaciones, aspectos de la embriogénesis, la organización del sistema olfatorio, la activación del sistema inmune y los mecanismos moleculares que controlan los relojes internos de los organismos (llamados ritmos circadianos).

La comparación del conjunto de genes o genoma de *Drosophila* y de seres humanos revela la coincidencia del 47% de ellos, lo cual quiere decir que la mosca y nosotros tenemos en nuestro pasado lejano un antepasado común. Ello explica que, en muchos aspectos de sus biologías, desde el desarrollo embrionario hasta el envejecimiento, existan similitudes entre las personas y las mosquitas. Por ejemplo, en el corazón, que en ambas especies consta de cuatro cámaras separadas por válvulas, y en el tipo de célula cardíaca. Además, son similares en la mosca y el humano los genes que activan las proteínas reguladoras de la contracción y relajación del corazón. Al envejecer, las moscas tienen arritmias y alteraciones de la función cardíaca como muchos de nosotros. Aproximadamente el 75% de los genes asociados con enfermedades humanas poseen un homólogo en la mosca.

El ciclo de vida corto de las moscas, la facilidad con que se reproducen y el bajo costo de mantenerlas en el laboratorio han actuado como estímulo para que se las utilice frecuentemente en investigaciones biomédicas, por ejemplo, para descubrir los procesos biológicos característicos de diferentes enfermedades. También se ha estudiado cómo el alcohol, la marihuana, las metanfetaminas, la cocaína, el tabaco y la cafeína afectan el funcionamiento de los órganos, los sistemas y la actividad de los genes del díptero, y se ha advertido que este, expuesto a esas sustancias, exhibe comportamientos sociales que tiene coincidencias con los que muestran los humanos ante exposiciones equivalentes.

En este artículo nos centraremos en el alcohol, la marihuana y la nicotina. El lector podrá encontrar abundante bibliografía científica sobre las demás sustancias adictivas mencionadas.

Alcohol

Se ha observado que moscas expuestas a bajas concentraciones de alcohol presentan hiperactividad, seguida de pérdida de control motor si la exposición se prolonga. También se ha observado que el consumo de etanol por machos aumenta si en sus intentos de aparearse con hembras fueron rechazados por estas. Así, la

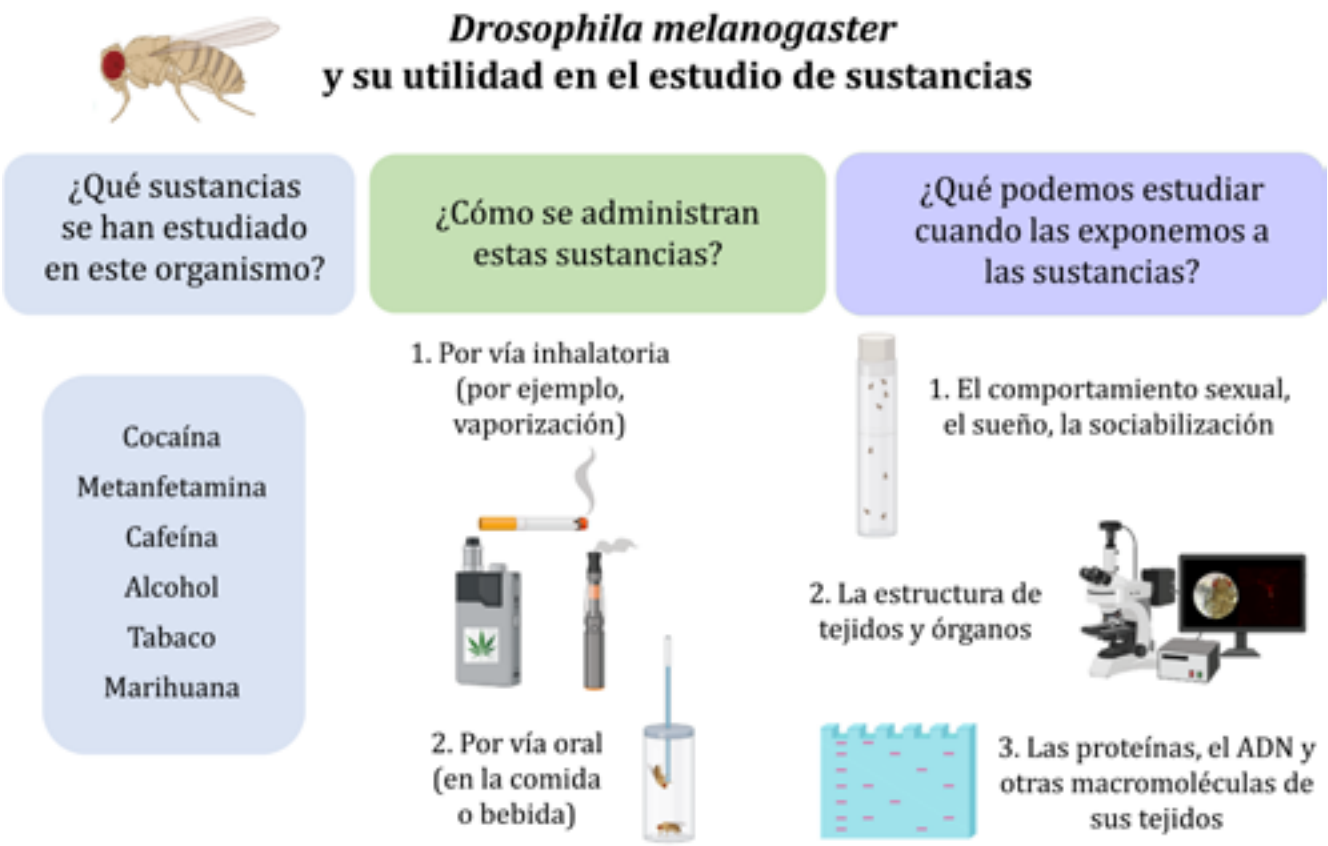


Foto Sanjay Acharya, Wikipedia Commons.

privación sexual incentivaría la búsqueda de otro tipo de recompensa, como el consumo de alcohol. Esto hace pensar que en algunos aspectos el sistema de recompensas del cerebro funciona de manera parecida en moscas y en humanos, y sugiere que tal sistema proviene de muy antiguo en el proceso de la evolución de las especies (técnicamente, es un rasgo muy conservado).

Marihuana

Las flores de la especie *Cannabis sativa*, conocida como marihuana, contiene componentes llamados fitocannabinoides, cuya utilidad se ha demostrado para tratar en personas ciertos tipos de dolor crónico, síntomas asociados a la enfermedad de Parkinson, el control de las convulsiones en la epilepsia refractaria, la regulación del apetito y el sueño, entre otras afecciones. Como esta evidencia es incompleta debido a que no se conocen los mecanismos por los cuales los cannabinoides producen esos efectos en el cuerpo, se emplean modelos animales para estudiarlos. En *Drosophila*, se pudo comprobar que el consumo de marihuana modifica el comportamiento de los individuos y la función de su corazón. Moscas sanas expuestas a un tratamiento crónico de marihuana vaporizada mostraron un aumento de las arritmias al inicio del tratamiento y un aumento de la contractilidad o fuerza que hace el corazón, luego de una exposición más prolongada.

El consumo de vapor de marihuana también modificó el comportamiento, pues hizo que mayor cantidad de moscas se mantengan en vuelo en lugar de posarse sobre la superficie. En otras palabras, como en otros organismos, incluso en el humano, los cannabinoides afectan la conducta de las moscas, y los cambios en esta condicionan la supervivencia y la reproducción de los individuos. Por ejemplo, la alimentación y el apareamiento son acciones que estos insectos realizan posados en algún lado, pero si se incrementa el tiempo en que los adultos permanecen en vuelo, estarán menos posados, lo que afectará esas dos acciones básicas de supervivencia.

Existen investigaciones actuales orientadas a estudiar si los cannabinoides modificarían algunos síntomas propios de la enfermedad de Parkinson, ya que se conocen varias cepas de moscas que reproducen algunos caracteres de la enfermedad. Sabemos que en el humano los cannabinoides se utilizan para controlar ciertos síntomas como los temblores, pero se sabe poco sobre los posibles efectos adversos de su administración. Los estudios en *Drosophila* podrían contribuir a identificar efectos secundarios.

Nicotina

Cuando moscas adultas sanas son expuestas a este compuesto, sus habilidades de vuelo se deterioran y la sobrevida se reduce. Pero sorprendentemente, tratadas con nicotina, moscas que presentan rasgos de la enfermedad de Parkinson mostraron prolongación de la sobrevida y mejoría en su capacidad de vuelo. Por lo tanto, si en las moscas con Parkinson la nicotina tiene efectos opuestos a los observados en las sanas, ¿sucederá lo mismo en las personas? Es una pregunta que procura contestar hoy la investigación.

¿Para qué investigar lo anterior?

Entre personas, el efecto de un medicamento no es igual en todos los individuos que lo consumen, algo que también sucede en modelos experimentales, como *Drosophila*. Ello se puede relacionar con el hecho de que, a veces, en unos y otros, algunos genes tienen variantes que determinan si un paciente responderá en forma lenta o rápida a un medicamento, o si tendrá efectos adversos. A raíz de eso, la farmacología y la genética se han combinado en estudios de farmacogenética, que explora qué conjunto de genes puede dar subpoblaciones de individuos con respuestas diferenciadas a los fármacos.

Si generamos diferentes cepas de moscas, cada una con una variante distinta de determinado gen, y exponemos a los individuos que las componen a sustancias que nos interesen, podríamos establecer cuál cepa responde-

Macho (izq.) y hembra de la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*).

rá mejor a ellas. Luego, se podría tomar como referencia esa información obtenida de experimentos con *Drosophila* con mucha mayor facilidad que con personas, para estudiar en una población humana cómo las variantes de un gen podrían influir en el efecto de una sustancia.

Decimos 'mayor facilidad' porque se pueden estudiar muchas cepas de la mosca a la vez y por el gran número de moscas que se puede obtener por cada generación de cruzamientos, de suerte que es posible probar repetidamente las sustancias en más individuos. Hacer con moscas estudios sobre efectos crónicos de una sustancia a lo largo del tiempo, durante el envejecimiento, es aún más conveniente que intentarlo con humanos por la imposibilidad de esperar la vejez de estos, lo mismo que si queremos estudiar efectos en diferentes generaciones. CH

Un agradecimiento especial a Carolina Sosa por sus enseñanzas y su colaboración.

LECTURAS SUGERIDAS

CHAMBERS RP *et al.*, 2013, 'Nicotine increases lifespan and rescues olfactory and motor deficits in a *Drosophila* model of Parkinson's disease', *Behavioural Brain Research*. DOI *10.1016/j.bbr.2013.07.020*

DE NOBREGA AK & LYONS LC, 2017, '*Drosophila*: An emergent model for delineating interactions between the circadian clock and drugs of abuse', *Neural Plasticity*. DOI *10.1155/2017/4723836*

FRANCO L y CERIANI F, 2017, '*Drosophila melanogaster*, un versátil organismo modelo', Ciencia Hoy, 27, 157: 13-17.

GÓMEZ IM *et al.*, 2019, 'Inhalation of marijuana affects *Drosophila* heart function', *Biology Open*. DOI *10.1242/bio.044081*

SHOHAT-OPHIR G *et al.*, 2012, 'Sexual deprivation increases ethanol intake in *Drosophila*', *Science*. DOI *10.1126/science.1215932*.

Paola Ferrero
Doctora en ciencias naturales, UNLP.
Investigadora adjunta en el Centro de Investigaciones Cardiovasculares, Conicet-UNLP.
Profesora asociada, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.
pvferrero@comunidad.unnoba.edu.ar

Augusto E Rapalini y Pablo R Franceschinis
Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGEBA), UBA-Conicet

Leda Sánchez Bettucci
Instituto de Ciencias Geológicas, Universidad de la República, Montevideo

Cuando Buenos Aires y Montevideo estuvieron en el polo

En nuestra vida diaria tendemos a considerar la geografía como inmutable. Sin embargo, ningún rasgo geográfico es estático. Los océanos crecen o desaparecen y los continentes se desplazan, colisionan y se fragmentan. Por ejemplo, gracias a los métodos de posicionamiento satelital, sabemos que Buenos Aires y Ciudad del Cabo están hoy un metro más alejadas entre sí que al comienzo del milenio. A lo largo del tiempo geológico la cara de nuestro planeta ha cambiado tanto que sería difícil reconocerla. Los estudios paleogeográficos, sin embargo, permiten reconstruir cómo fueron esas variaciones y, recientemente, llevaron a determinar que hace 2080 millones de años (Ma) la región donde hoy están Buenos Aires y Montevideo estuvo literalmente ubicada en el polo sur.

Alfred Wegener, paleomagnetismo y paleogeografía

Hoy podemos medir con precisión el movimiento de los continentes cada año, un movimiento que había sido inferido hacia 1912, cuando eso no se podía hacer, por el físico, meteorólogo y explorador alemán Alfred Wegener (1880-1930) en su revolucionaria teoría de la *deriva continental*. Según este, los continentes que hoy conocemos habrían estado reunidos en una única masa continental, que llamó Pangea, el continente universal. Tal teoría no fue bien acogida por la mayor parte de la comunidad de científicos de la Tierra de entonces, y la prematura muerte de Wegener hizo que quedara olvidada por casi tres décadas.

¿DE QUÉ SE TRATA?

El paleomagnetismo como una herramienta que permite reconstruir las paleogeografías.

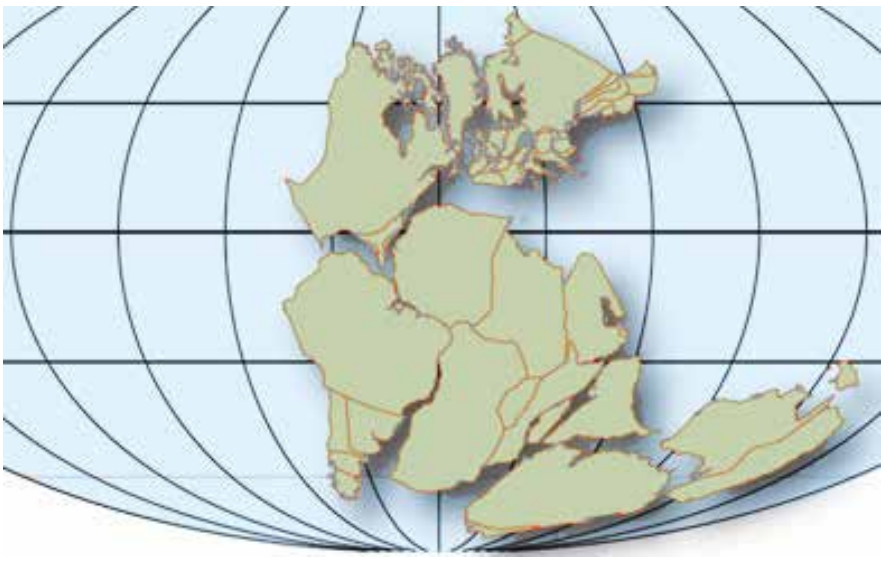
Resucitó con la difusión de una disciplina geofísica novedosa, el *paleomagnetismo*, la cual estudia el campo magnético de la Tierra en tiempos pretéritos y permite determinar a qué distancia de los polos magnéticos y con qué orientación se encontraba cada continente en determinado momento del pasado geológico. Así, los estudios paleomagnéticos permiten establecer las ubicaciones geográficas de los continentes a lo largo de dicho pasado a partir de la determinación de dónde se encontraron, durante ese lapso, los polos magnéticos, a los cuales se da el nombre de *polos paleomagnéticos*. Los *polos geográficos* son dos puntos fijos en la Tierra, determinados por su eje de rotación, que se ubican a 90° del ecuador. Por otra parte, por el comportamiento del campo magnético de la Tierra, es decir, por el hecho de que esta actúa como un imán con dos polos, existen en el planeta dos *polos magnéticos*. Son los que nos indica la brújula, no son puntos fijos y se encuentran normalmente a alguna distancia de los polos geográficos. Sin embargo, si uno promedia la posición de estos polos magnéticos por algunos miles de años, ellos coinciden con los geográficos. Los polos paleomagnéticos, en consecuencia, representan la posición promedio de los polos magnéticos en algún lapso del pasado geológico, y por lo tanto los geográficos.

Si entre dos momentos del tiempo geológico un continente no se desplazó, la ubicación de los polos paleomagnéticos deducida por el estudio paleomagnético de sus rocas no variará. Si, en cambio, el continente se desplazó en ese lapso, sus polos paleomagnéticos diferirán, permitiendo inferir cómo fue ese desplazamiento. Los polos paleomagnéticos de igual edad de dos continentes deben coincidir pero, si no lo hacen, significa que un continente se movió con respecto al otro. Cuánto y cómo se desplazó un continente en determinado lapso se puede descubrir comparando la posición de sucesivos polos paleomagnéticos, los que definen una *curva de deriva polar aparente*. (Se dice 'aparente' dado que, cuando se representan los diferentes polos paleomagnéticos, parecería que el polo geográfico se desplazó, cuando en realidad lo hizo el continente.) Como todo cálculo estadístico, la posición determinada para cada polo paleomagnético lleva asociada cierta incerteza que se suele graficar como un círculo: cuanto mayor el círculo, más incierta la posición del polo.

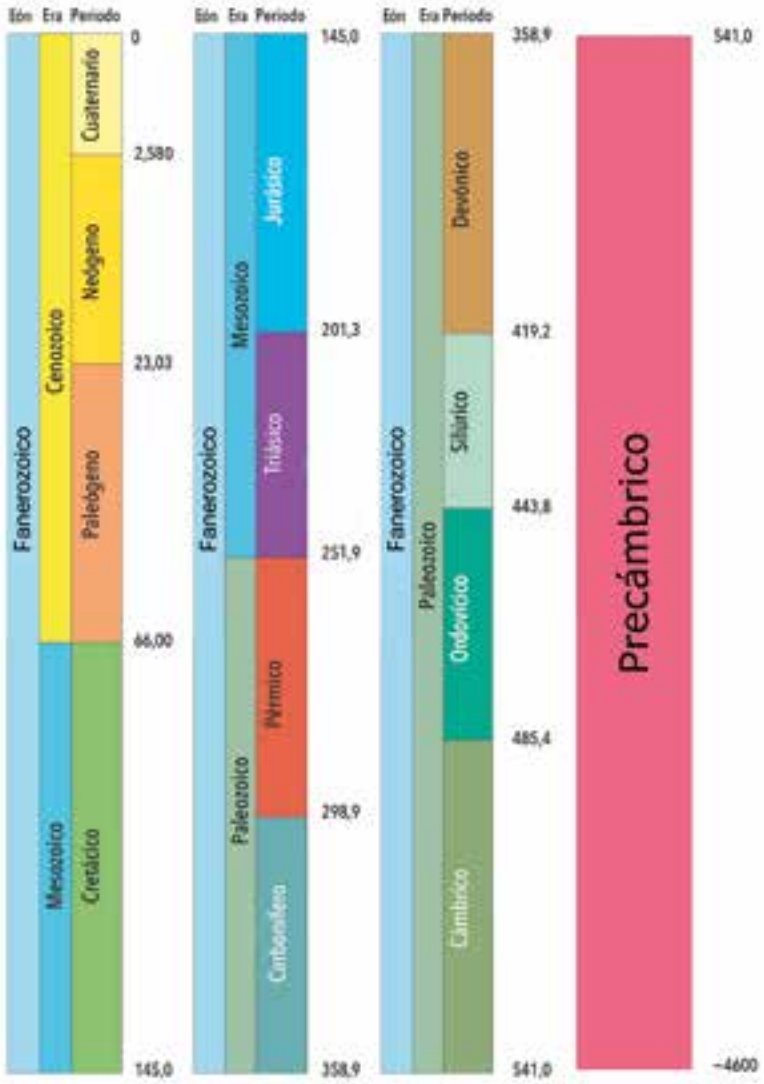
Cuando se realizaron los primeros cálculos estimativos de las posiciones de polos paleomagnéticos, a finales de la década de 1950, se comprobó que todos los continentes, efectivamente, habían estado unidos en uno hace aproximadamente 250Ma, a principios de la era geológica mesozoica o el Mesozoico (252-66Ma). Se constató así empíricamente la existencia de Pangea, el continente universal previsto por la teoría wegeneriana. Pocos años más tarde, el estudio del magnetismo del fondo de los océanos y el de la propagación de las ondas sísmicas en el interior de la Tierra permitió incorporar la deriva continental a una teoría más completa, la *tectónica de placas*. En el último medio siglo, las investigaciones paleogeográficas han permitido reconstruir con precisión la ruptura de Pangea y la formación de los continentes y océanos actuales, y convertido a Wegener en el fundador sin proponérselo de la paleogeografía.

Reconstrucción de la geografía global de hace millones de años

Se tiene evidencia de que Pangea duró alrededor de 100 millones de años, pues se formó en el Pérmico y comenzó a disgregarse a fines del Triásico. Durante el Paleozoico, coexistieron dos grandes continentes o supercontinentes, llamados respectivamente Gondwana y Laurasia, que al unirse dieron nacimiento a Pangea. Ambos aparecieron a principios de la era paleozoica (hace unos 540 millones de años) por el amalgamiento de continentes más pequeños, los que a su vez habían estado unidos en otro supercontinente, llamado Rodinia, hace unos mil millones de años.



Interpretación de cómo pudo haber sido Pangea, el continente universal cuya existencia predijo Alfred Wegener hacia 1912 cuando formuló su teoría de la deriva continental. Según este, los continentes que hoy conocemos habrían estado reunidos en el pasado en una única masa continental, a la que dio ese nombre. Los estudios paleomagnéticos confirmaron hacia finales de la década de 1950 que, efectivamente, todos los continentes estuvieron unidos en uno hace aproximadamente 250Ma. Hoy se piensa que Pangea existió por unos 100Ma, al cabo de los cuales se disgregó. Las líneas horizontales del esquema representan el ecuador (centro) y los paralelos de 30° norte y sur. Adviértase que la masa continental estaba francamente volcada al hemisferio sur.



Las *reconstrucciones paleogeográficas*, como se llama a los modelos sobre la geografía de nuestro planeta en el pasado geológico, no solo se basan en la técnica del paleomagnetismo. Los fondos de los océanos han podido ser datados con precisión gracias a que guardan memoria de los cambios de polaridad del campo magnético terrestre, lo que permite reconstruir las cuencas oceánicas con exactitud, aunque solo para los últimos 180 millones de años. Por su parte, algunas rocas sedimentarias portan evidencias de los ambientes en que se formaron. Es decir, se puede inferir si se depositaron en climas fríos, como por ejemplo los depósitos de glaciares, o en climas cálidos, como con los arrecifes o depósitos salinos. Además, el registro de los organismos fósiles ayuda a ajustar las reconstrucciones paleogeográficas. Muchos organismos no tienen capacidad de cruzar los océanos, pues solo pueden vivir en plataformas marinas de escasa profundidad. Encontrar las mismas especies de organismos fósiles en continentes hoy muy alejados indica que no lo estaban cuando vivieron esos animales. Algo similar puede hacerse con muchas plantas fósiles. Con todas

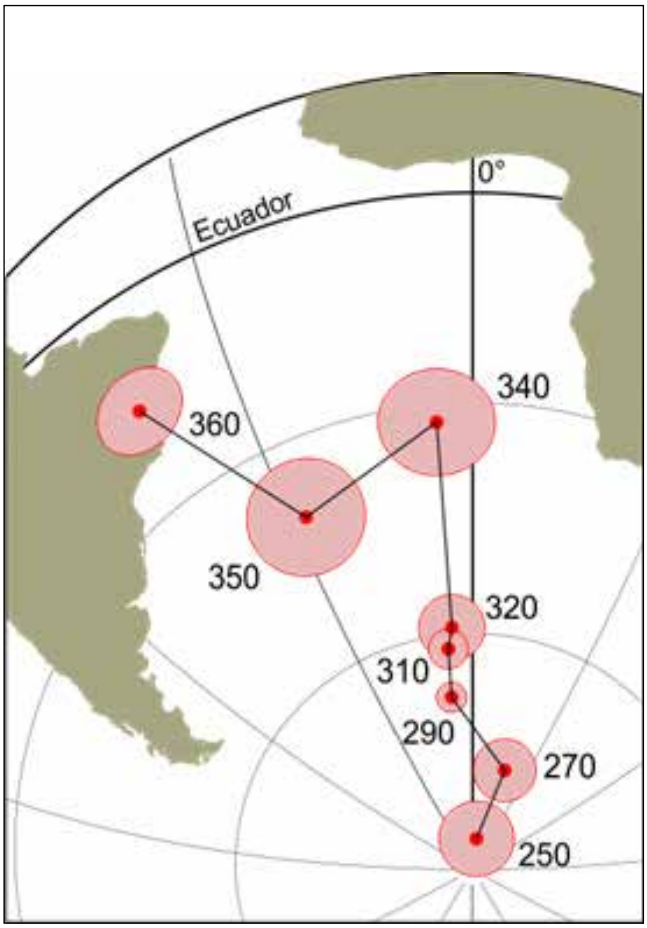
Divisiones del tiempo geológico: eras y períodos que conforman el eón Fanerozoico (primeras tres barras), el lapso de la historia geológica posterior al Precámbrico (barra de la derecha). El texto menciona los siguientes paleocontinentes: Atlántica (2100-2000Ma), Rodinia (1300-700Ma), Gondwana (550-320Ma) y Pangea (320-200Ma). Versión simplificada de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2020 publicada por la Comisión Internacional de Estratigrafía de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas. La tabla completa puede consultarse en *www.stratigraphy.org/chart*. Los valores están en millones de años; las barras no están dibujadas en escala.

PALEOMAGNETISMO

Unos pocos minerales poseen la propiedad de registrar la dirección y la intensidad del campo magnético terrestre cuando cristalizan o se enfrían por debajo de una temperatura crítica llamada temperatura de Curie. La magnetita, un óxido de hierro, es el más común de ellos; su temperatura de Curie es 578°C. En ciertas condiciones de tamaño y forma de los cristales ese registro puede permanecer en la roca por miles de millones de años como una magnetización remanente. El descubrimiento de las leyes que gobiernan estos procesos le valió en 1970 el premio Nobel de física al francés Louis Néel (1904-2000).

Dicha magnetización remanente permite establecer la dirección del campo magnético terrestre en el pasado geológico. Por otro lado, este tiene la propiedad singular de que el promedio de las posiciones de los polos magnéticos a lo largo de algunas decenas de miles de años resulta coincidente con las de los polos geográficos. Por ende, si mediante el paleomagnetismo establecemos en un continente la dirección promedio del campo magnético terrestre por un lapso de diez mil o más años del tiempo geológico, conoceremos la posición del continente con respecto al polo geográfico. Con esa información, se puede calcular la posición del polo paleomagnético y determinar la posición del continente en el globo terráqueo en la época en que se formó la roca estudiada.

Para llevar a cabo estos estudios se deben colectar (con frecuencia recurriendo a una perforadora portátil) centenares de muestras orientadas con precisión y llevarlas a laboratorios específicos para su estudio. Es un trabajo no exento de dificultades metodológicas, ya que durante el pasado geológico las rocas pudieron adquirir nuevas magnetizaciones o perder parcial o totalmente la original. Los análisis se llevan a cabo en laboratorios de paleomagnetismo como el del IGEBA, que lleva el nombre de Daniel Valencio, en los que se dispone de instrumental específico operado por científicos y técnicos especializados.



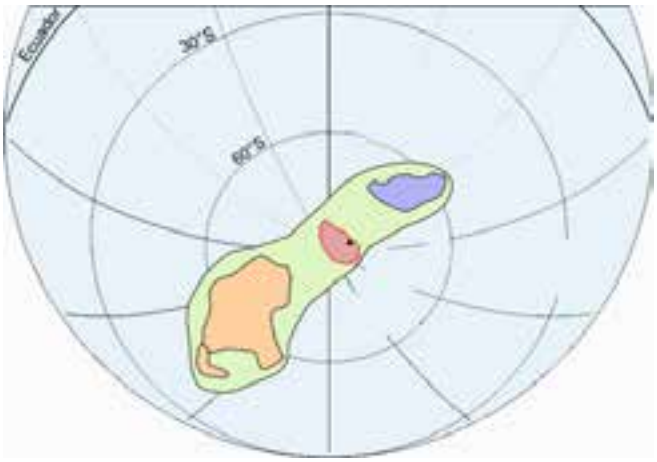
Sucesivas posiciones del polo paleomagnético entre hace 360 y 250Ma según las mediciones realizadas en rocas sudamericanas, que revelaron un desplazamiento importante de Gondwana, el bloque continental del que formaba parte lo que hoy es Sudamérica. El gráfico indica que la porción de Sudamérica que formó parte de Gondwana fue cambiando su posición con el tiempo. El tamaño de los círculos rosados es inversamente proporcional a la certeza de las mediciones paleomagnéticas. Los valores están en Ma.

estas líneas independientes de evidencia, los paleogeógrafos logran arribar a modelos bastante confiables, particularmente para los últimos 200 millones de años, y algo menos confiables para los últimos 540 millones de años. Pero ello solo significa que conocemos con razonable certeza no más del último 12% de la historia geográfica de la Tierra.

El difícil estudio del pasado remoto

El Precámbrico abarca el 88% de la historia geológica y es un lapso para el cual resultan dificultosas las reconstrucciones paleogeográficas. La mayoría de las herramientas que se utilizan para tiempos más recientes son inaplicables o arrojan resultados muy inciertos. Así, el registro fósil de entonces es extremadamente pobre y hace un aporte prácticamente nulo. Los indicadores del paleoclima son de interpretación dudosa, pues los modelos climáticos actuales probablemente no sean aplicables al Precámbrico. Además, la propia actividad geológica hace que cuanto más antiguas sean las rocas, mayor sea la probabilidad de que hayan perdido sus caracteres originales. Para colmo, los continentes actuales no existían entonces. Hoy los continentes están integrados por bloques de corteza muy antigua, llamados *cratones*. En el Precámbrico, en distintos lapsos cada cratón pudo haber sido un continente independiente o haber estado anexado a otros. Además, cada cratón pudo desplazarse a muy diferentes posiciones en el globo. La enorme duración del Precámbrico y las menores evidencias que disponemos de él hacen extremadamente arduo reconstruir su historia paleogeográfica. Para intentarlo, es habitual valerse de determinar con la mayor precisión posible la edad de las rocas, inferir cómo se formaron y definir sus posiciones en el globo mediante análisis paleomagnéticos.

América del Sur está hoy constituida por varios cratones precámbricos. Los más importantes son los de Amazonia, San Francisco y el Río de la Plata. El último abarca buena parte de la llanura pampeana, la mayor porción del Uruguay y un sector del sur del Brasil. Los afloramientos de rocas antiguas –desafortunadamente para la reconstrucción de la paleogeografía– ocurren en sectores pequeños del cratón rioplatense, como el sistema de Tandilia (compuesto por las sierras de Olavarría, Tandil



Reconstrucción paleogeográfica de las posiciones que ocupaban hace 2080Ma algunos de los principales bloques de la antigua corteza terrestre, llamados cratones, que hoy son parte de Sudamérica. En el centro, en rosado, el cratón del Río de la Plata con Buenos Aires y Montevideo indicadas por el punto negro; en violáceo, el cratón Amazonia y en anaranjado el San Francisco, hoy en el noreste del Brasil unido entonces con el cratón africano del Congo. El área verde interpreta el posible continente Atlántica. Se advierte que hace unos 2080Ma la región ocupada por ambas capitales rioplatenses estaba en las inmediaciones del polo sur.

y Balcarce), la isla Martín García y el suroeste de Uruguay. Prácticamente todo el resto está cubierto por miles de metros de sedimentos de la llanura chaco-pampeana.

Desde hace dos décadas, investigadores de la UBA y de la montevideana Universidad de la República venimos trabajando en develar la historia paleogeográfica del cratón rioplatense. En tiempos más recientes se sumaron al grupo colegas de las universidades Nacional de La Plata y de São Paulo. La herramienta principal, aunque no única, con la que encaramos la tarea es el paleomagnetismo, que podemos determinar y medir en el laboratorio Daniel Valencio del IGEBA.

Nuestra colaboración comenzó con el estudio de rocas de fines del Precámbrico, pero en la última década comenzamos a poner nuestra atención en rocas mucho más antiguas de nuestro cratón, aquellas de entre 2000 y 2100Ma, que no se habían estudiado antes para fines paleogeográficos. Las rocas de esas edades que resultan mejores para tales estudios afloran en el sur y el oeste del Uruguay. Se trata de rocas graníticas y similares que corresponden a decenas de pequeños cuerpos rocosos formados por magma enfriado y cristalizado en profundidad, llamados *plutones*. Midiendo en el mineral circón (silicato de zirconio, $ZrSiO_4$) de esas rocas la desintegración radiactiva del uranio, que genera plomo, pudimos establecer con alta precisión la edad de varios de esos plutones, los cuales, según todas las mediciones, se formaron hace entre 2050 y 2110Ma.

Estudiamos la memoria magnética de cerca de 600 muestras de 18 granitos diferentes y pudimos establecer la dirección del campo magnético de hace más de 2000 millones de años para nueve de ellos. Gran parte de los resultados que comentamos formaron parte de la tesis doctoral de uno de los autores y fueron publicados recientemente en la revista *Precambrian Research*. Con ellos hemos podido reconstruir la posición del cratón del Río

DANIEL VALENCIO Y LOS PASOS INICIALES DEL PALEOMAGNETISMO IBEROAMERICANO

Como disciplina científica, el paleomagnetismo data de la década de 1950. En 1962, Daniel Alberto Valencio (1928-1987), que con el tiempo alcanzó la posición de investigador superior del Conicet, obtuvo por concurso el cargo de profesor de geofísica en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. Se puede considerar que ese nombramiento marcó el inicio de los estudios paleomagnéticos en la Argentina. En 1964, con la colaboración de su alumno y hoy profesor emérito de la misma universidad Juan Francisco Vilas, Valencio fundó el primer laboratorio de paleomagnetismo de Iberoamérica, desde el cual se difundió la disciplina a otros países. Su acción promovió los conceptos de la naciente teoría de tectónica de placas en la comunidad geológica argentina y estableció una importante red internacional de colaboraciones que, entre otros resultados, significó la creación de laboratorios similares en México y el Brasil. Las primeras curvas de deriva polar aparente de Sudamérica fueron calculadas por Valencio y su equipo en la década de 1960. Su libro *El paleomagnetismo de las rocas*, publicado en 1980, se convirtió en texto de referencia del mundo hispanohablante. Su laboratorio, hoy parte del IGEBA, se mantiene activo a más de cincuenta años de su creación y lleva el nombre de su fundador.

Izquierda. Alfred Wegener en una expedición a Groenlandia realizada en 1912-1913. Alfred Wegener Institut, Bremerhaven.
Derecha. Daniel Valencio (de pie) y el geofísico británico Kenneth Creer –uno de los pioneros del paleomagnetismo mundial, que entre 1973 y 1993 dirigió el Departamento de Geofísica de la Universidad de Edimburgo– recolectan muestras en Sudáfrica en 1970.

de la Plata en dicho lapso y construir su curva de deriva polar aparente.

¿Un continente llamado Atlántica?

A mediados de la década de 1990, el geólogo estadounidense John JW Rogers (1930-2015) sugirió que hace unos 2000Ma existió un continente formado por los tres principales cratones de América del Sur y los cratones africanos del Congo y África Occidental. Su hipótesis se basó en la similitud de las rocas de 2000 a 2200Ma de los cinco cratones, la que podría explicarse si en ese tiempo tales bloques se hubiesen encontrado próximos y formado un único continente. Nuestro grupo comparó los polos paleomagnéticos de similar edad de dichos cratones para comprobar la validez de la hipótesis de Rogers. Sacamos una conclusión negativa que abre la siguiente disyuntiva: o el continente no existió, o tuvo una configuración muy diferente. No podemos aún dar una respuesta definitiva a esta pregunta, pero hemos encontrado que una configuración muy distinta de Atlántica podría explicar los resultados de nuestra comprobación. En otras palabras, Atlántica pudo haber existido, pero con los cratones agrupados de otra manera.

En síntesis, con la información paleomagnética de que disponemos podemos considerar probable que hace unos 2080Ma el cratón del Río de la Plata formara parte de un continente mayor, Atlántica, y se hubiera desplazado a muy altas latitudes. En ese entonces habría estado literalmente ubicado en el polo. Es decir, la porción de la superficie de la Tierra sobre la que hoy están asentadas las capitales de la Argentina y el Uruguay estaba en ese remoto pasado en el polo sur geográfico. CH

Los principales cratones de América del Sur: Amazonia, al norte; San Francisco, en el centro, y Río de la Plata, al sur.

LECTURAS SUGERIDAS

BUTLER RF, 1992, *Paleomagnetism: Magnetic domains to geologic terranes*, Blackwell. Edición digital, 2004, accesible en *websites.pmc.ucsc.edu/~njarboe/pmagresource/ButlerPaleomagnetismBook.pdf*

ROGERS J J & SANTOSH M, 2004, *Continents and supercontinents,* Oxford University Press.

VALENCIO DA, 1980, *El magnetismo de las rocas*, Eudeba, Buenos Aires.

Augusto Rapalini
Doctor en ciencias geológicas, UBA.
Investigador principal en el IGEBA, UBA-Conicet.
Profesor titular, UBA.
augrap@yahoo.com.ar

Pablo Franceschinis
Doctor en ciencias geológicas, UBA.
Becario posdoctoral en el IGEBA, UBA-Conicet.
Auxiliar docente, Facultad de Ingeniería, UBA.
pfrances@gl.fcen.uba.ar

Leda Sánchez Bettucci
Doctora en ciencias geológicas, UBA.
Profesora asociada, Instituto de Ciencias Geológicas, Universidad de la República, Montevideo.

Crossfit cerebral #5

Matemática, ilusiones y humor

Ciencia, pasión de multitudes

Recuerdo mi infancia, allá en los años 60, cuando los progres de aquel entonces (mis padres entre ellos) suspiraban amargamente mientras repetían cual mantra '¡qué barbaridad que un tipo gane mucha más plata por pegarle a una pelota que por lograr un adelanto científico!'.

Digamos que hacían una comparación muy poco científica entre los futbolistas, y valga la redondancia (de la pelota), los hombres de ciencia. En general la cosa quedaba zanjada cuando algún aguafiestas les preguntaba cuánta gente pagaría una entrada por ver a un microbiólogo persiguiendo a una bacteria en el área penal. 'Cínico, pero tristemente cierto', decía el coro de amigos, y ya.

Pero, dicen por ahí, el fútbol siempre da revancha.

Y de hecho, poco menos de sesenta años más tarde, en este 2020 coronático y febril, nos encontramos con los científicos en la tapa de los diarios, y el fútbol, en gran parte del planeta, suspendido hasta que… justamente, los científicos metan el golazo a nivel vacunatorio o farmacológico que permita a miles de millones de seres humanos encontrar el sentido de sus vidas para el domingo a la tarde, quizá extensible al resto de la semana.

Cierto que en algunos países ya se reanudó, pero todo está pendiente de un pequeño ser, ni siquiera un ser vivo, invisible y cruel, que nos tiene a todos formando la barrera en nuestras propias casas, y, en muchos casos, apasionados hinchas de Boca, River o San Lorenzo a duras penas sostenidos emocionalmente por algún partido de Suiza, Burkina Faso o Laos.

Quiero decir, hay millones de argentinos que se bancan más de siete meses sin laburo, sin sexo, sin asado, sin picada con amigos, sin cafecitos, pero ¿¿¿sin fútbol???

Son esos los que, cada vez que un infectólogo aparece en la tele, en vez de preguntar: '¿Qué dijo sobre la cuarentena?', pregunta: 'Che, el micróbiólogo ese ¿será de Boca, de River, de Talleres?'.

Quizá sea el momento en que la ciencia deba optar por la grandeza, olvidarse de viejos ninguneos y postergaciones económicas, y hacer el esfuerzo necesario para que pueda volver el fútbol y la gente a las canchas.

Porque, si no, va a estar difícil.

Quiero decir, es muy difícil imaginarse un partido en tiempos de pandemia. Podríamos pensar en un partido donde estén los veintidós con barbijo (el de cada equipo con sus colores), que además podrían ser aprovechados por empresas fabricantes de lavandinas o alcohol en gel para esponsorearlos, y así aliviar la difícil situación de los clubes.

Ahora bien, si un jugador le saca el barbijo a otro, ¿es penal, corresponde tarjeta roja, o que el árbitro le eche un chorro de lavandina?

¿Deben cambiarse los botines e incluso las camisetas cada vez que entran al área penal del equipo contrario?

El arquero ¿debe usar diferentes guantes descartables para cada atajada?

Dado el aislamiento social obligatorio, ¿cómo se hace para sacarle la pelota a un rival estando a un metro y medio de distancia?

¿Puede haber policías en la mitad del campo controlando que solo lo atraviesen los jugadores con permiso para hacerlo?

¿Hay que lavarse las manos y tomarse la temperatura cada vez que uno toca la pelota que ha sido tocada por un compañero o por un rival?

¿Y si, para evitar contagios, mejor cada equipo juega en su cancha, y el rival lo ve por Zoom?

¿Y si para ser más cuidadosos aun, cada jugador juega desde su casa y están todos comunicados por internet? ¿Se imaginan a Messi gambeteando a su celular?

El famoso cantito de la tribuna '¡Y ya lo ve, y ya lo ve, es para [otro equipo] que lo mira por tevé!' no va a ser más una burla, sino un elogio a la buena conducta cívica del equipo así nombrado.

Cuando un jugador se acerca al arco contrario, nadie podrá gritarle al arquero: '¡Salí, salí!'; más bien, el director técnico debería gritar: '¡Quedate en casa, que de un gol en contra se vuelve, pero el virus es muy peligroso!'.

¿Vale gol de barbijo?, ¿y de máscara protectora?

Sin duda el esquema sería más defensivo; los jugadores solamente saldrían de su área cuando necesitasen comprar algo esencial en algún negocio de la cercanía.

Los delanteros podrían reclamar un subsidio porque solo pueden cometer el 30% de los goles que hacían antes. El Estado podría adjudicarles algunos goles a los más necesitados.

Darle un codazo a un rival, ¿es un *foul*, o un saludo?

¿Y si en medio de una jugada el que lleva la pelota es detenido por un defensor contrario que le cuenta el último capítulo de la serie de Netflix? ¿Se cobra *foul* o *spoil*?

Queridos científicos, como verán, esto es insostenible. Ayúdennos a terminar pronto con este coronamundo, así los jugadores vuelven a ganar fortunas, y los progres de ahora podemos volver a quejarnos de eso, no sin cierta envidia.

Rudy

Contraste: cómo se definen los límites de un objeto

Consigna. Te proponemos que observes la imagen. Veras una serie de barras azules. ¿Son iguales entre sí? Ahora te proponemos que tapes los límites entre las barras azules valiéndote de una tira de papel: ¿seguís pensando que son distintas?

Explicación. Incluso si observás bien, percibimos un degradé de azul dentro de cada barra. Ese degradé no existe en la imagen sino que es percibido. Tapá los dos bordes de una barra azul y notarás que no está. ¿Por qué ocurre esto? Durante el procesamiento visual, el sistema necesita detectar los límites de un objeto. Para ello, aumenta el contraste: aquello que es más claro, cuando limita con algo más oscuro, se vuelve más claro; mientras que lo oscuro, al lado de algo más claro, ¡se hace más oscuro! De esta manera, cuando se tapa el límite entre dos barras azules ya no es tan sencillo distinguir que las dos barras son de azules diferentes. De esta manera, nuestra percepción de los colores y de la intensidad lumínica es relativa al contexto.

#TeRegaloUnTeorema

Teorema de Bayes (O... por qué un test positivo y un infectado pueden ser cosas muy distintas)

Es uno de esos teoremas en los que el cociente entre la dificultad de su demostración y lo profundo de su enunciado + su impacto da casi cero. Tanto, que suele pasar que a primera vista no se comprende por qué lleva el mote de teorema.

Dice así: si A y B son dos eventos y llamamos $P(A|B)$ a la probabilidad de que ocurra A, teniendo la info de que ocurrió B, entonces la probabilidad de que ocurra B, sabiendo que ocurrió A es la siguiente:

$$P(B|A) = \frac{P(A|B)\,P(B)}{P(A)}$$

Y la demostración es facilísima una vez que nos convencemos de que $P(B|A) = P(B \text{ y } A) / P(A)$ porque entonces $P(B \text{ y } A)$ también es igual a $P(A|B)\,P(B)$.

La cuestión es que este teorema, que acabamos de demostrar en un renglón, es muy profundo porque:

1. Nos enseña que se pueden calcular probabilidades a posteriori. No solo podemos fijar las condiciones de un experimento y calcular las probabilidades de los posibles resultados, sino que también podemos observar el resultado de un experimento y preguntarnos por las probabilidades de los posibles escenarios que lo generaron.
2. Eso suena a fundamental a la hora de querer inferir cuestiones a partir de observaciones, lo que hoy llamamos estadística. Bah, también lo llamamos *machine learning*, *data science*, *big data* y otros cuantos nombres más. Y en realidad dicho así es lo que hoy se llama estadística bayesiana y es solo un posible enfoque. Hay también otros enfoques y durante muchos años formaron juntos la gran grieta de la estadística, al lado de la cual la que tenemos en la Argentina es un poroto. Con grandes exponentes de ambos lados.
3. Nos enseña que $P(B|A)$ y $P(A|B)$ pueden ser muy distintas y no hay que confundirlas.

Por ejemplo, si queremos hacer un test serológico para detectar un anticuerpo determinado, y lo que queremos saber es si el test es posta o maso maso, nos interesa saber si un individuo al que el test le dio positivo realmente tiene el anticuerpo (o lo que sea que queramos testear) o al menos que la probabilidad de que eso pase sea alta. Llamemos TP = test positivo, TN = test negativo, A = tiene anticuerpos, NA = no tiene anticuerpos.

La info que podemos tener es $P(TP|A)$ (sensibilidad) y $P(TN|NA)$ (especificidad) porque así se prueba el test, probándolo en gente que se sabe tiene (o no) los anticuerpos y viendo qué da. Pero lo que nos interesa es

$$P(A|TP)$$

que, por el teorema de Bayes, lo podemos calcular haciendo

$$P(A|TP) = P(TP|A)\,P(A) / P(TP)$$

Hagamos un ejemplo. El Cellex qSARS-CoV-2 IgG/IgM Rapid Test, para detectar anticuerpos asociados al coronavirus, tiene una sensibilidad de 93,8% y una especificidad de 96,4% (*www.fda.gov/media/136625/download*).

Para hacer las cuentas necesitamos $P(A)$. Eso es, si elegi-

mos una persona al azar, qué probabilidad tiene de tener los anticuerpos. Se corresponde con el porcentaje de infectados en la población, que justamente no lo sabemos. Supongamos una población de 44 millones de habitantes con unos 130.000 casos confirmados. Podemos hacer cuentas conservadoras (o sea, exagerar) y asumir que la cantidad de infectados es 10 veces eso. Unos 1.300.000. Eso es aproximadamente el 3% de la población. O sea que $P(A) = 0{,}03$.

Con estos números podemos calcular P(TP) con una cuenta que se llama probabilidad total y que dice que

$$P(TP) = P(TP|A)\,P(A) + P(TP|NA)\,P(NA) = 0{,}938 \times 0{,}03 + 0{,}036 \times 0.97 = 0{,}06306$$
$$P(A|TP) = 0{,}938 \times 0{,}03 / 0{,}06306 = 0{,}4462$$

Es decir que cuando el test da positivo, la probabilidad de tener realmente los anticuerpos es cerca del 45%. ¡Y la de no tenerlos es 55%!

Esto pasa porque, al menos por ahora, la prevalencia parece ser P (*A*) muy baja. El hecho de saber que a alguien el test le dio positivo hace que aumente mucho su probabilidad de tener los anticuerpos (¡se multiplicó por 10!, el test hizo bien su trabajo), pero sigue siendo baja.

¡Así que ojo! Una cosa es $P(TP|A)$ y otra muy distinta es $P(A|TP)$.

#TeRegaloUnTeorema

Bajando el R_0 (en la ruleta)

Le proponemos al lector que nos acompañe al casino. Más precisamente, a jugar a la ruleta.

Si apostamos todas nuestras fichas a un color (rojo o negro) y somos favorecidos por el azar al caer la bola en un número de ese color, el casino nos pagará dos veces lo que hayamos apostado.

Esto da lugar a una estrategia, bien conocida, que consiste en seguir este algoritmo:

1. Apostar una cantidad X a rojo.
2. Si sale rojo, FIN.
3. Si sale negro, volver al paso 1, pero esta vez apostando el doble de X.

Empecemos por las buenas noticias: cuando salga rojo, la ganancia será tal que recuperaremos todas las fichas que perdimos en las jugadas previas, en las que salió negro, y nos quedará una ficha a favor. Por ejemplo, supongamos que empezamos jugando una ficha al negro, y que salió rojo recién en la quinta jugada. Entonces:

- Invertimos en total 1 + 2 * 1 + 2 * 2 + 2 * 3 + 2 * 4 + 2 * 5 = 64 - 1 = 63 fichas
- Nos pagan el doble de lo que jugamos en la quinta jugada, esto es: 2 * (2 * 5) = 64 fichas.

Esto no es particular de haber ganado en la quinta jugada; es totalmente general, y no es difícil de demostrar, recurriendo a fórmulas para la suma (geométrica) que nos da la cantidad total invertida en la enésima jugada.

Siguiendo, es poco probable que tengamos que esperar mucho hasta que salga rojo. Esta probabilidad se mide con un número que está entre 0 (poco probable) y 1 (muy probable). La probabilidad de que salga negro en una jugada es ½. Así, la probabilidad de que salga negro cinco veces seguidas, asumiendo que el croupier no se disguste con nuestra estrategia y empiece a apuntarle al negro, es ½ * ½ * ½ * ½ * ½, que decimalmente es 0,03125. Yendo más lejos, la probabilidad de que salga cien veces seguidas es igual a

$$\tfrac{1}{2}^{100} = 0{,}0000000000000000000000000000000788\ldots,$$

lo cual nos invita a confiar en que, si el azar y el croupier no se ensañan con nosotros, a la larga saldremos victoriosos.

Abordemos las malas noticias. Para empezar, aunque sea *muy* poco probable, la ruleta podría arrojar negro indefinidamente, dejando a nuestro algoritmo en un bucle infinito. Siguiendo, además del rojo y el negro, la ruleta tiene un número de color verde: el cero. Con lo cual, en verdad, la probabilidad de perder en una jugada es más alta que lo que consignamos: es igual a 19 / 37, o sea 0,5135…

Digresión: si bien podría parecer que esto se salva jugando, en lugar de rojo contra negro, a par contra impar, para la ruleta el 0 no es par ni impar, contrario a lo que afirmamos los matemáticos.

Pero el problema en que queremos enfocarnos es el siguiente. La cantidad de fichas que hay que invertir crece muy rápidamente. Es un crecimiento exponencial, cuya base, dado que duplicamos en cada jugada lo apostado en la jugada anterior, es igual a 2. Más precisamente, la cantidad de fichas que hay que apostar en la enésima jugada es igual a 2^n (y esto no tiene en cuenta lo perdido en las anteriores). Por ejemplo, si cada ficha vale 1 peso, en la jugada número 42 deberíamos apostar, al día de hoy, todas las reservas del BCRA.

Digresión: además de estos problemas, consignemos que el casino pone topes máximos al monto a apostar. Topes que este humilde jugador nunca llegará a ver ni de lejos, quedando sus arcas exhaustas muy tempranamente.

De tanto escuchar la voz de los epidemiólogos en estos tiempos, nos proponemos *bajar el* R_0. Más precisamente, dar una estrategia en la que el monto a apostar crezca más lentamente con el correr de la mala suerte. Aun siendo exponencial, si logramos que el crecimiento tenga una base menor que 2, estaremos ante un mejor escenario.

La ruleta también tiene divididos a sus números en tres docenas (quedando el 0 excluido de ellas). Nos pagará el triple de lo apostado si acertamos la docena. Elegimos una docena,

digamos la primera, y proponemos la siguiente variación de la estrategia original:

1. En la primera jugada apostar una ficha, y (si perdemos) en la segunda también.
2. Mientras no hayamos ganado, apostar en cada jugada la suma de lo apostado en las dos jugadas anteriores.

Por ejemplo, si acertamos a la docena recién en la quinta jugada, habremos:

- invertido 1 + 1 + 2 + 3 + 5 = 12 fichas
- ganado 3 * 5 = 15 fichas

lo cual nos deja un balance positivo. Como antes, esto no es particular de la quinta jugada; se puede demostrar que el balance será siempre positivo.

La cantidad de fichas que vamos apostando es bien conocida: conforma la *sucesión de Fibonacci*. La buena noticia es que esta crece más lentamente que la anterior. Más precisamente, se puede demostrar que el monto a apostar en la enésima jugada, es decir el enésimo número de Fibonacci, es aproximadamente igual a $\varphi / \sqrt{5}$, siendo

$$\varphi = (1+\sqrt{5}) / 2 = 1{,}618\ldots$$

el *número de oro*, no solo presente en el arte sino, como vemos, también en la timba.

En limpio, el crecimiento sigue siendo exponencial, pero con una base bastante menor que 2. Esto nos permitirá jugar durante más tiempo: por ejemplo, habremos vaciado las arcas del BCRA *recién* luego de 62 jugadas desafortunadas. Pero necesitaremos más suerte para ser exitosos: acertar a la docena es más difícil que acertar el color. Por ejemplo, la probabilidad de perder cien veces seguidas es mayor que antes: es igual a

$$(25 / 37)^{100} = 0{,}00000000000000000009415\ldots$$

Todo no se puede.

Páginas de un libro, páginas de internet

Ponele que tenés un libro (de los antigüitos, de papel) con más o menos 1.000 páginas, y te olvidaste de ponerle un marcador, o de doblar la puntita de la página en la que te quedaste (ay, me duele un poquito cuando la gente hace eso, aunque confieso que alguna vez lo he probado). Pero tu memoria es prodigiosa: la página a la que querés llegar es la 613. La pregunta es: ¿cuántas páginas abrís *como mínimo* hasta llegar a la 613? Pista: ¿abrís en el medio (ponele, página 588) y vas pasando *una por una*, o hay una mejor forma?

Corolario

¿Cómo hace Google para encontrar la página entre millones de millones de páginas que tiene el vasto libro de *la interné*? ¡No hay compu suficientemente rápida para ir pasando una a una todas esas páginas! ¿Y si lo que yo buscaba estaba en la última? Google usa lo que se llama un índice ¡como el de los libros!, y para buscar cosas dentro de ese índice, ¡que pesa miles de miles de gigabytes!, hace muy parecido a como vos hiciste para encontrar tu página rápidamente. Utilizando una estrategia, un algoritmo, que no es el de ir abriendo una por una, sino que hay *un truquito*. ¿Cuál es el tuyo?

Más información: *elgatoylacaja.com.ar/destripando-google*

Solución

Páginas de un libro, páginas de internet

Abro más o menos a la mitad, y me fijo: ¿le pegué a la página 613? Si no le pegué (y abrí en la 588, por ejemplo), abro a la mitad el cachito de libro a la derecha, y así voy abriendo a la mitad de cada nuevo cachito hasta encontrar la página 613. Con esta forma tenemos la seguridad de que con 10 pasos ¡o menos! llegamos con seguridad a cualquier página, no solo a la 613. ¿Por qué 10? Ese, querides lectores, es otro desafío.

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

María Luisa Pfeiffer
Red de América Latina y el Caribe de Bioética

Pandemia, filosofía y bioética

La pandemia obliga a los filósofos a enfrentarse con mayor evidencia a situaciones problemáticas que, si bien no son nuevas, suelen estar enmascaradas, sobre todo en una vida que obliga a las personas a vivir para la productividad y el trabajo. Este sometimiento del tiempo vital a la producción permite camuflar algo peculiar en nuestra cultura que es vivir sin proyectos a la mano. ¿Qué vida estamos preservando, entonces, con la cuarentena y con las medidas de emergencia a nivel social y económico que están tomando los gobiernos? Cuando la elección se plantea entre salud (ausencia de enfermedad) y economía (consumismo), se hace patente la pobreza de la vida prepandemia.

La pandemia nos enfrenta así a una de las preguntas más clásicas de la filosofía: el sentido de la vida humana y el significado de la felicidad. Aristóteles es el primero que escribe una ética, y le da a esta la misión de mostrar cuáles son ese sentido y ese significado. La razón de ser de la ética es la histórica misión de responder al para qué de la vida humana, a su causa final. Hoy la ética reconoce su asociación intrínseca con todas las manifestaciones científicas y también con otros saberes, y se vuelve bioética. La bioética es un saber multidisciplinario, uno de cuyos objetos es encontrar las pautas que permitan identificar y definir la vida del ser humano, de los hombres y las mujeres, como una vida humana: como *bios*.

En ese camino de exploración, lo primero que la bioética reconoce es que la vida de los seres humanos, como cualquier otra vida, se desarrolla y alcanza sentido en sociedad. De modo que la ética debe considerar no solo lo que afecta a la vida de cada individuo, sino también el modo en que debe vivir en sociedad y el modo como esta debe reconocerlo. La ética deviene entonces política para poder establecer pautas de comportamiento que afecten a cada uno y a todos los que conforman la *polis* (Aristóteles). Hay cuestiones que tienen que ver con la responsa-

¿DE QUÉ SE TRATA?

Una invitación a reflexionar sobre el modo en que vivimos a partir de la situación que atravesamos.

bilidad –ineludibles éticamente hablando–, que obligan a respuestas políticas; una de ellas consiste en definir y construir una vida buena para cada persona: cada uno, como miembro de la sociedad y la sociedad misma, debe lograr instituir las condiciones que posibilitan la vida buena de sus integrantes. Por ello, una de las tareas a que está obligada la ética y, en consonancia, la bioética es promover políticas que respeten los derechos fundamentales como son el derecho a la salud, la comida, el agua, la educación, la información, el trabajo y, primordialmente, el derecho a la vida actual y futura.

Denominamos a estas exigencias de una vida buena 'derechos', y es lo que cada ser humano reclama al Estado como representante de la sociedad y por consiguiente a sí mismo como parte de esa sociedad, por lo menos en las sociedades democráticas. Vemos que una de las tendencias de los gobiernos en tiempos de pandemia es responder pragmáticamente a las situaciones de emergencia, a los momentos críticos. Y ese pragmatismo puede llegar a ser una seudorrazón justificadora de la violación de la igualdad, la solidaridad, la libertad y la paz, condiciones ineludibles para poder respetar los derechos humanos. En nuestra región y en nuestro país, la violación de los derechos ha sido, excepto por algunos gobiernos, una práctica histórica, de modo que su violación no es producto de la pandemia, pero lo que esta permite es visibilizar este hecho y exigir que se repare esa violación; sobre todo respecto de los grupos en mayor condición de vulnerabilidad. La vivencia de la enfermedad, como vivencia personal del dolor, la discapacidad y la limitación en el desempeño de las funciones básicas llevan al humano a asumir y enfrentar la enfermedad en sus dimensiones individuales, y casi nunca percibirla como lo que siempre es: un acontecimiento colectivo, social. Una pandemia, por el contrario, enfrenta a cada uno con este hecho, con la presencia del otro y con la necesidad de tomar decisiones –resolviendo tanto respecto de la prevención como del tratamiento de la enfermedad y del dolor– a nivel poblacional. No hay modo de negar esto sin caer en el desconocimiento del derecho fundamental a la salud. Es por ello que hoy se reclama sin vacilar, frente a la amenaza de la enfermedad y frente a la enfermedad misma, la intervención del poder político. No cabe ninguna duda acerca de que las medidas deben ser públicas, que es imposible que cada uno resuelva la situación por sí mismo. Es la comunidad, mediante el gobierno elegido por ella, no el individuo, la que debe ocuparse de cuidar a las personas garantizándoles el derecho a la salud, es decir, el derecho a vivir sanas, que implica mucho más que el cuidado en la enfermedad, proporcionando todos los medios y creando las condiciones para lograrlo. Y esto con o sin pandemia.

Roberto Esposito plantea en su obra *Communitas: origen y destino de la comunidad* que, tradicionalmente, se da una lectura ontológica del concepto 'comunidad' como lo que une en una única identidad. Aceptando esta acepción, una pandemia pone en evidencia la vulnerabilidad como característica identitaria común: todos compartimos la identidad de ser posibles infectados. Esto empujaría a buscar remediar en común esta vulnerabilidad luchando codo a codo contra la enfermedad que la provoca. Se puede homologar este 'combate' al de la comunidad frente a la violación de cualquier derecho. Es interesante que Esposito refuerza –con otra interpretación etimológica del término *munus* presente en el término *communitas*, 'comunidad'– esta necesidad ontológica que revela el carácter vulnerable del ser humano al analizar que *munus* tiene que ver tanto con la idea de 'obligación' como con la de 'don'. En este sentido, la idea de don queda asociada al deber de dar en cuanto obligación moral, tanto pública como privada. Así, el *munus* es la forma del don que se da porque se debe dar y no puede sino darse, lo cual significa que, ontológicamente hablando, el ser humano, como todo ser vivo, debe vivir en comunidad, solidariamente, obligándose unos a otros a dar lo que tienen y lo que son, porque nadie es tan rico como para no necesitar nada y nadie es tan pobre como para no poder dar nada. La comunidad es, según Esposito, el conjunto de personas unidas por un deber, por una deuda, por una obligación de dar y darse. Nadie, ningún ser vivo, puede vivir solo y por sí mismo, y el hombre menos que ninguno, lo cual significa que esencialmente debe, es deudor de los otros y de la naturaleza, lo que lo obliga a retribuir, a dar y recibir gratuitamente. Concebir así las relaciones dentro de una sociedad posibilita dejar de pensar la biopolítica como el imperio de la muerte sobre la vida, como hace Michel Foucault, y comenzar a forjar una *polis*, una ciudad, una sociedad enmarcada por el *bios*, como una vida humana que no puede reconocerse como tal sino en la falta, en la carencia, en la necesidad de lo otro y de los otros. La biopolítica es el nombre que da Foucault a la gestión del poder político que se sostiene sobre el dominio de la vida mediante un conjunto de estrategias basadas en la complicidad entre el saber y el poder que permiten administrar la vida y la muerte. La propuesta de Esposito es recuperar la primacía de la vida, sobre todo la humana, pensar una biopolítica 'de' la vida y no 'sobre' la vida, proyectando las relaciones que exige esa vida en la *polis*. Resolver las relaciones sociales y políticas desde la comunidad que 'somos', desde el 'todos para uno y uno para todos' y no desde la violencia del todos contra uno y la guerra del uno contra todos.

Esto permite enfrentar de manera diferente otra cuestión que analiza la bioética: la existencia de viejos conflictos ético-políticos, como son las fronteras entre lo público y lo privado, la libertad individual frente al bien común, o las tensiones entre el bienestar humano, la producción económica y la supervivencia planetaria. Estos

viejos enfrentamientos, que pueden ser vistos como una eterna dialéctica que permite el desarrollo de la historia, se concretan hoy como enfrentamientos entre poder y derechos. La pandemia concretiza esta oposición, manifestándola, por ejemplo, con la medida preventiva del aislamiento social obligatorio. ¿Acaso una cuarentena obligatoria viola la libertad individual, los derechos a circular, trabajar, educarse, relacionarse con otros? Sí. Giorgio Agamben considera por ejemplo que la reacción ante la COVID-19 responde a una tendencia creciente de la política a utilizar el estado de excepción como paradigma normal de gobierno, dando lugar a una verdadera militarización encubierta, y esta epidemia ofrece el pretexto ideal para extender las medidas excepcionales más allá de todos los límites. Para él esto es compartido por toda la política global, cuyo despotismo es mucho más económico que político. Los gobiernos pueden usar las cuarentenas para obtener la aceptación de sociedades que han sacrificado ya la libertad en favor de las llamadas razones de seguridad y se han condenado a vivir en un estado constante de miedo e inseguridad, sobre todo económico.

Esta tendencia mundial al despotismo que describe Agamben obliga a preguntar si la pandemia, como cualquier otra emergencia, da derecho a las autoridades, en este caso sanitarias, a olvidar que las personas son sujetos de derecho. La pregunta central es, pues, hasta qué punto y bajo qué condiciones se puede acudir a razones de fuerza mayor que justifiquen esas medidas. Éticamente hablando, la libertad, así como el derecho al trabajo formal y a conseguir el autosustento, como cualquier otro derecho, pueden ser limitados pero nunca conculcados. A su vez, quienes lo limiten deben buscar la conformidad de las poblaciones con esa medida, deben informar clara y persistentemente de la razón de fuerza mayor y bien social que la habilita, los plazos de esta, qué expertos la recomiendan, cuáles son las razones de esos expertos. Es preciso ser muy cuidadoso con esto porque en razón de la emergencia puede haber un deslizamiento al denominado 'estado de excepción' donde las personas pierden sus derechos y, en este caso, otorgar también autorización a un abuso del poder por parte de los servicios de salud, como puede verse cuando se elige a quién tratar y a quién no. No olvidemos que son los pueblos los que pueden habilitar el estado de excepción, pues, como bien destaca Edgardo Castro, 'la apropiación de la vida por parte del poder no es un destino ontológico, sino una condición histórica y reversible'. Es posible aceptar el estado de excepción en vistas a la obtención de una inmunidad temporal frente a un daño generado por un virus, pero esa inmunidad no puede convertirse en estado permanente. Una situación como la que se está viviendo enfrenta a los pueblos y a la humanidad con una situación histórica que la pandemia permite reflejar en toda su injusticia: la, así denominada por Esposito, 'autoconservación inmunitaria', que llevó a Occidente a excluir al resto del planeta de sus bienes. La biopolítica adopta esta figura inmunitaria capturando la vida en su conjunto (hombre y naturaleza), asistida por dispositivos jurídicos y técnicos. Al proteger negativamente la vida, la inmunización, en rigor, la veda y la somete. La relación del ser humano, la persona, con un poder soberano solo es posible desde el reconocimiento de la deuda entre todos, deuda que funda a la comunidad. El poder solo será legítimo cuando se reconozca esa deuda que es la que genera el reclamo de la comunidad denominado 'derechos humanos'. Es precisamente la bioética la que recoge esta potencialidad emancipatoria de los derechos humanos. La pandemia, al hacer realidad el temor frente a un contagio destructor, muestra la inoperancia de lo inmunológico como autosalvación, y obliga a adoptar conductas comunitarias, a proclamar 'o nos salvamos todos o no se salva nadie' y a comprender que el orden de la acumulación como respuesta lleva al aislamiento inmunitario. Nuestra civilización, heredera

de los supuestos modernos, ha terminado negando el *munus* como deuda y habilitando a la violencia del individuo que acumula, generando de esa manera desigualdades que 'justifica' con el derecho a la propiedad no solo de bienes sino de la misma vida, al considerar que el máximo mandato es la autoconservación, es decir, la sobrevivencia individual. Por ello, es preciso reconocer frente a esto, que puede verse como un enfrentamiento entre el poder y el derecho, que debemos tener claro que los derechos no son solo de los individuos, sino sobre todo de los pueblos, y es por esa razón que deben priorizarse en circunstancias en que está amenazada la vida de la población. Los aspectos éticos a priorizar tienen que ver con un enfoque poblacional, en que los intereses colectivos vinculados con la salud pública adquieren preponderancia por sobre los intereses individuales, pues las acciones individuales sin un sentido de cuidado colectivo pueden poner en riesgo la vida de toda la población. Reconocer esto no evita necesariamente la tensión entre los derechos individuales y los derechos colectivos que siempre puede generar algún tipo de polémica. Para evitarlo, esa tensión debe ser ponderada bajo los requisitos de necesidad, legalidad, proporcionalidad y temporalidad.

La pandemia nos obliga a caer en la cuenta de que no podemos pretender amnesia del mundo anterior y que en él la última y la primera palabra estaban en manos de la tecnología. Incluso los intereses de la ciencia respondían largamente a los de la tecnología, que a su vez se sometía a los deseos del mercado, del capital, de la propiedad, del 'tener' como máximo valor. En ese mundo la medida del progreso tenía que ver con lo lucrativo y lo tecnológico. En su descripción de ese mundo, Michel Foucault menciona la tensión entre saber y poder que asume las características terribles de la biopolítica en el siglo XX, pues la biología y la medicina eran los instrumentos de un poder dominante sobre la vida. La memoria colectiva, sobre todo en nuestra región, rechaza ese poder biopolítico que, tomando posesión sobre la vida, ejerciendo la violencia militar o económica, decide sobre la vida y la muerte. Esta pandemia pone de manifiesto que ese rechazo carga las tintas sobre el poder político o económico y olvida el poder de la ciencia, que sigue presente como mandato irrenunciable exigido por todos los poderes que la convierten en su aliada y cómplice, para acrecentarse. Foucault señala dos posibles complicidades de la tecnociencia, una para matar y otra para dejar morir. En el siglo XXI vemos que todavía hay un poder que mata con las armas y la violencia, pero la mayoría de los poderosos han elegido dejar morir: sin agua, sin comida, sin educación. No hacía falta la COVID-19 para advertir que ninguna de las dos respuestas busca una buena vida para los pueblos. Esta pandemia solo lo ha puesto de relevancia. CH

LECTURAS SUGERIDAS

AGAMBEN G, 2004, *Estado de excepción: Homo Sacer II*, Pre-Textos, Valencia.

ESPOSITO R, 2003, *Communitas: origen y destino de la comunidad*, Amorrortu, Buenos Aires.

FOUCAULT M, 1996, *Historia de la sexualidad*, vol. I: *La voluntad de saber*, Siglo XXI, Buenos Aires.

FOUCAULT M, 2007, *Nacimiento de la biopolítica: curso en el Collège de France: 1978-1979*, FCE, Buenos Aires.

PFEIFFER ML, 2014, 'El deber moral de los Estados y ciudadanos de preservar el mundo', *Bioética*, 22, 2: 203-212, accesible en *http://revistabioetica.cfm.org.br/index.php/revista_bioetica/article/view/910/1035.*

PFEIFFER ML, 2015, 'La relación entre biotecnología y progreso como «valores indiscutidos»: sus implicancias éticas y políticas', *Grafía*, 12, 2: 24-49.

María Luisa Pfeiffer

Doctora del tercer ciclo en filosofía, Universidad de París I.
Profesora de bioética, Universidad Maimónides.
Investigadora independiente del Conicet.
Presidenta de la Red Latinoamericana y del Caribe de Bioética.
maria3729@hotmail.com

Quinto Aniversario del Acuerdo de París. La investigación conjunta de Francia y Argentina sobre cambio climático

Josefina Blázquez, María Fernanda Cabré, Romina C. Ruscica
Instituto Franco-Argentino para Estudios del Clima y sus Impactos (UMI 3351 IFAECI/CNRS-CONICET-UBA-IRD)
Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y Universidad de Buenos Aires)

Se conoce como cambio climático a una modificación de algunas de las variables que conforman el sistema climático (por ejemplo, lluvia, temperatura, vientos, nivel del mar, hielo, etc). Pero, ¿cómo se define el clima de una región? Para definir los distintos tipos de clima, se realizan promedios de varios años de los valores de estas variables y, por lo tanto, cuando se dice que el clima está cambiando, el cambio se refiere a una modificación de esos promedios. Ahora bien, ¿por qué puede cambiar el clima? Puede modificarse tanto por efectos naturales como antrópicos, es decir por el accionar humano. Entre las causas naturales podemos enumerar los cambios en la órbita terrestre, cambios en la cantidad de radiación solar que llega al tope de la atmósfera, erupciones volcánicas, entre otras. Y entre los efectos antrópicos, la principal causa es la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, entre otros) como consecuencia de las actividades humanas, tales como quema de combustibles fósiles, actividades agrícolo-ganaderas, cambio en el uso de suelo y actividades industriales, entre otras. Según el último informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), la temperatura global está aumentando a un ritmo inédito: en promedio globalmente 0,85°C en los últimos 135 años (desde 1880 aproximadamente cuando comenzó el registro climático), pero con una aceleración creciente, ya que 9 de los 10 años más cálidos del registro han ocurrido los últimos 15 años. Aunque este cambio puede parecer pequeño, tiene impactos enormes. La comunidad científica ha demostrado fehacientemente que este aumento en la temperatura media global es debido al accionar humano. A su vez, el calentamiento global trae como consecuencia modificaciones en otras variables del sistema climático y sus impactos regionales serán cada vez mayores si no se toman medidas urgentes de mitigación, es decir, políticas para la reducción de las emisiones. Como es sabido, la atmósfera no tiene límites geográficos, por lo que la emisión de GEI afecta al sistema climático en su totalidad,independientemente de la tasa de emisión de los países individuales. Es evidente entonces, que este problema no se solucionará con medidas aisladas a nivel nacional o regional, sino que se requiere acordar políticas intergubernamentales para controlar las emisiones. Los países que firmaron el "Acuerdo de París" en Diciembre de 2015, se comprometieron a "mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático" (extraído textual del Acuerdo de París en español).

Argentina firmó el Acuerdo de París en 2015, y lo ratificó en 2016, comprometiéndose a tomar las medidas necesarias para no exceder el valor de emisión neta (es decir, emisión menos absorción) de 483 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente ($MtCO_2e$) en el año 2030. Esta meta podrá ser alcanzada a través de la implementación de medidas de mitigación a lo largo del territorio nacional, incluidas en los planes sectoriales de energía, agricultura y ganadería, bosques, transporte, industria e infraestructura (incluidos residuos). Entre las medidas que propuso adoptar la Argentina pueden enumerarse aquellas tendientes a promover el manejo sostenible de bosques, la eficiencia energética, el uso de biocombustibles, la energía nuclear, las energías renovables (energía eólica o solar) y el cambio en los medios de transporte. Luego del compromiso asumido en el Acuerdo de París, en 2016 se re-edita el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, como principal insumo para la política climática nacional, y en 2019 se presenta su último reporte extendido junto con el Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. En términos generales, dicho reporte muestra que la emisión neta de GEI en Argentina fue en aumento entre 1990 y 2016. Sin embargo, luego de la implementación de la ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (2007), la emisión se vio levemente reducida. La crisis financiera internacional de 2008 también contribuyó a la estabilización y descenso parcial de las emisiones totales. En 2014, Argentina emitía 368 $MtCO_2e$, lo que representaba un 0.7% de la emisión mundial (EEUU y China emitían el 40%), apenas por debajo de la meta más ambiciosa para el año 2030. En el último año informado, las emisiones se estimaron en 364 $MtCO_2e$, siendo el mayor contribuyente de energía (53,1%) seguido d de agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de la tierra llamado AGSOUT (37,2%); mientras que los sectores de procesos industriales, uso de productos y residuos contribuyen en menor proporción (5,5% y 4,2% respectivamente). Además, el dióxido de carbono es principalmente emitido por energético, mientras que las emisiones de metano y el óxido nitroso predominan en AGSOUT.

Si bien el cambio climático afecta globalmente al sistema, sus mayores impactos son regionales y las estrategias de adaptación al mismo deben planificarse y ejecutarse localmente. Los

Temáticas abordadas en el artículo

estudios realizados por los investigadores del Instituto Franco-Argentino para Estudios del Clima y sus Impactos (UMI-IFAECI) contribuyen a mejorar el entendimiento de los procesos físicos que rigen el comportamiento de la atmósfera y los océanos, como elementos claves del sistema climático, de sus proyecciones y de sus potenciales impactos en Argentina. A continuación, se destacan algunos resultados sobre regiones de nuestro país altamente vulnerables al cambio climático.

Una de ellas es la Cordillerana-Patagónica, donde el desarrollo socio-económico está fuertemente vinculado a la producción de energía hidroeléctrica y a la vitivinicultura. La disminución de las precipitaciones anuales (y en particular, la disminución de las precipitaciones invernales) en la región del Comahue están impactando en la producción de energía hidroeléctrica. Como fuera informado en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático,la tendencia negativa de las precipitaciones sobre la Cordillera Patagónica se mantendría durante este siglo, con consecuencias desfavorables no sólo para este sector, sino también para los cultivos, los ecosistemas en general y sus servicios. El sector vitivinícola se vería afectado por la disponibilidad de agua para riego, pero también por el aumento de las temperaturas, principalmente hacia fines del siglo XXI. En términos de adaptación, se espera un desplazamiento de las actuales zonas de producción hacia el suroeste y hacia regiones de mayor elevación. De este modo, se proyectan impactos positivos en nuevas zonas potencialmente aptas para la viticultura en las próximas décadas, e impactos negativos en determinadas zonas vitivinícolas actuales que puedan ver disminuida su calidad y/o producción hacia finales del siglo XXI (principalmente suponiendo que el mundo evolucione de acuerdo a un escenario de altas emisiones de GEI). En la región agrícola-ganadera por excelencia del país, la región Pampeana y el Noreste Argentino, también se esperan importantes impactos debidos al cambio climático, afectando por ejemplo, el rendimiento de los cultivos y la distribución del ganado bovino. Se espera que el cambio climático impacte favorablemente en el rendimiento de los cultivos de maíz y de soja hacia mediados y fines del siglo XXI. Sin embargo,el rendimiento del trigo solo se vería favorecido hacia fines del siglo XXI suponiendo que el mundo evolucione de acuerdo a un escenario de altas emisiones de GEI. Además, la temperatura influye en la distribución de los grupos étnicos del ganado bovino. Las razas índicas se adaptan mejor a temperaturas altas, mientras que la producción de las razas británicas o europeas se ve favorecida con temperaturas templadas. Por lo tanto, se espera que el aumento de temperatura proyectado hacia fines del siglo XXI impacte en la extensión de la ganadería de raza tropical, desplazando la cría de este tipo razas hacia el este y sudoeste de la región pampeana.

El Acuerdo de París plantea entre sus objetivos el interés internacional por las políticas de "mitigación" para reducir el aumento de la temperatura global del planeta. ¿Podrá Argentina cumplir el compromiso de reducción de emisiones asumido 5 años atrás? Actualmente, las emisiones de GEI por habitante están por encima del promedio de los países industrializados y emergentes. Por lo tanto, el compromiso real de Argentina es desafiante y requiere de una transición justa, con políticas de estado que apunten a una producción con bajas emisiones pero sin dejar de ofrecer oportunidades de crecimiento económico para la sociedad. El compromiso individual de todos los ciudadanos también será necesario para alcanzar la meta del compromiso asumido para el año 2030.

Por otro lado, la "adaptación" de la sociedad y de los sistemas naturales a las nuevas condiciones climáticas será imprescindible. Dicha adaptación permitirá no sólo reducir la vulnerabilidad a los impactos desfavorables del cambio climático, sino también aprovechar las posibles oportunidades que en ciertos sectores y regiones pueda ofrecer.

El 2020 fue el año estipulado para que los países vuelvan a revisar el compromiso asumido en el Acuerdo de París y se establezcan las nuevas metas para la mitigación. Argentina es uno de estos 104 países (que representan el 38,6% de las emisiones mundiales) que ha declarado la intención de potenciar las acciones de compromiso nacional sobre el clima y alcanzar la neutralidad de carbono para el año 2050.

LECTURAS SUGERIDAS

Acuerdo de París en español: *https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf*

CAMILLONI I, BARROS V, 2016, *La Argentina y el cambio climático. De la física a la política.* Publicado por EUDEBA. ISBN: 9789502326559.

Efectos del Cambio Climático sobre la Industria Vitivinícola de Argentina y Chile. Estudio sobre los impactos y las medidas de adaptación en un escenario de calentamiento global hacia el año 2050. 2009, Consultoría y Asesoría Empresarial. Sustentabilidad en los Negocios. Price Waterhouse Coopers (*www.pwc.com*) 84 pp. *https://www.pwc.com/cl/es/publicaciones/assets/industria-vitivinicola-de-chile-y-argentina.pdf*

IPCC, 2014, Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs. *https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf*

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2015, Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. "Cambio Climático en Argentina: Tendencias y Proyecciones. Buenos Aires, Argentina. *https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/tercera-comunicacion*

Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina para la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático *https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/tercer-informe-bienal*

Josefina Blázquez
Dra. en Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, UBA. Inv. Adjunta, UMI-IFAECI/CNRS-IRD-CONICET-UBA, CIMA (CONICET/FCEN-UBA). Profesora adjunta FCAG-UNLP.
blazquez@cima.fcen.uba.ar

María Fernanda Cabré
Dra. en Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, UBA. Inv. Asistente, UMI-IFAECI/CNRS-IRD-CONICET-UBA, CIMA (CONICET/FCEN-UBA).
cabre@cima.fcen.uba.ar

Romina C. Ruscica
Dra. en Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, UBA. Inv. Asistente, UMI-IFAECI/CNRS-IRD-CONICET-UBA, CIMA (CONICET/FCEN-UBA). Ayudante CBC-UBA.
ruscica@cima.fcen.uba.ar

El Instituto Franco-argentino para Estudios del Clima y sus impactos

Argentina desarrolla investigación sobre cambio climático en varias unidades de investigación a lo largo del país. Una de las más relevantes es la Unidad Mixta Internacional "Instituto Franco-Argentino sobre Estudios de Clima y sus Impactos" (UMI-IFAECI, *http://www.cima.fcen.uba.ar/UMI/*), ubicada en Buenos Aires, y patrocinada conjuntamente por el Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) y el Institut de Recherche pour le Développement (IRD) de Francia, y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Argentina (CONICET) y Universidad de Buenos Aires (UBA) de Argentina. La UMI-IFAECI fue creada el 1 de enero de 2010.
UMI-IFAECI se implementó con el objetivo de fortalecer la colaboración científica Franco-Argentina en una agenda de investigación orientada a comprender, simular y predecir mejor la variabilidad y el cambio climático, así como sus impactos en el sur de América del Sur y los océanos circundantes. Promueve un espectro amplio y multidisciplinar de interacciones científicas entre Francia y Argentina, con los objetivos particulares de:

- aumentar el conocimiento de los procesos físicos que fuerzan la variabilidad y el cambio climático a escala regional (tanto en América del Sur como en el Atlántico Sur),
- promover estudios que aborden cómo la variabilidad y el cambio climático afectarán a la población, la biodiversidad, la producción y la vulnerabilidad,
- generar información climática para su aplicación y adaptación.

UMI-IFAECI concentra su agenda de investigación en tres regiones principales:

- el sudeste de América del Sur, que se caracteriza por una gran variabilidad climática y una señal de cambio que afecta a las regiones socioeconómicas más relevantes de Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay.
- la región de los Andes extratropicales, que también se caracteriza por una gran variabilidad climática y una señal de cambio que afecta a los glaciares de montaña y otras fuentes de agua de impacto en las actividades socioeconómicas de Argentina y Chile, y
- el Océano Atlántico Sur, que es la vía a través de la cual las ramas norte y sur de la circulación meridional global del océano se conectan con el Océano Mundial, y siendo su porción occidental una de las regiones más productivas del mundo.

El multilaterismo verde es el único futuro posible después de la pandemia

En el año 2015, en París, se logró un acuerdo histórico para combatir el cambio climático e intensificar las acciones e inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono. La celebración del Quinto aniversario del Acuerdo de París, **el próximo 12 de diciembre**, a través de **una nueva cumbre mundial,** coorganizada por la ONU, el Reino Unido y Francia, en asociación con Chile e Italia, permitirá a todas aquellas naciones, entre las cuales está Argentina, reafirmar que siguen comprometidas en la implementación del Acuerdo, mediante políticas públicas e inversiones congruentes, desde una perspectiva inclusiva y solidaria. En Francia el esfuerzo presupuestario en materia de lucha contra el cambio climático incluye una inversión pública de 20 mil millones de euros destinada a la transición energética y a la investigación sobre calentamiento global. Los ingresos fiscales de la nación dedicados directa o indirectamente al clima alcanzan 53.000 millones de euros. Gran parte de nuestro esfuerzo nacional se invierte en políticas de largo plazo y en ayudas económicas a terceros países mediante organismos tales como la Agencia Francesa de desarrollo que dedica el 70% de su apoyo en América latina a financiar proyectos con trayectorias resilientes de bajo carbono. Francia es el 3er mayor contribuyente del Fondo Verde para el Clima, principal mecanismo financiero del acuerdo de París, que acaba de otorgar a Argentina 82 millones de dólares para un proyecto de manejo sostenible de los bosques y de lucha contra la deforestación. Además nuestro país despliega una intensa labor política y diplomática, promoviendo un multilateralismo en acción para proteger el planeta y luchar contra el cambio climático. La próxima cumbre es el fruto de esta labor iniciada hace cinco años. Apuntará a mejorar la calidad y el nivel de inversión de todas las naciones implicadas promoviendo su capacidad de recuperación después de la actual pandemia y su alineamiento con una trayectoria que limite el calentamiento del planeta a 1,5°C cumpliendo con los objetivos de desarrollo sostenible.

Claudia Scherer-Effosse
Embajadora de Francia
en Argentina

SUSCRIBITE A CIENCIA HOY DE LOS CHICOS

¡NO TE PIERDAS EL CONOCIMIENTO DE LAS CIENCIAS!

Para saber qué tenés que hacer, visitá www.chicosdecienciahoy.org.ar

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

CHicosdeCienciaHoy
@chicosdecienciahoy

¿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