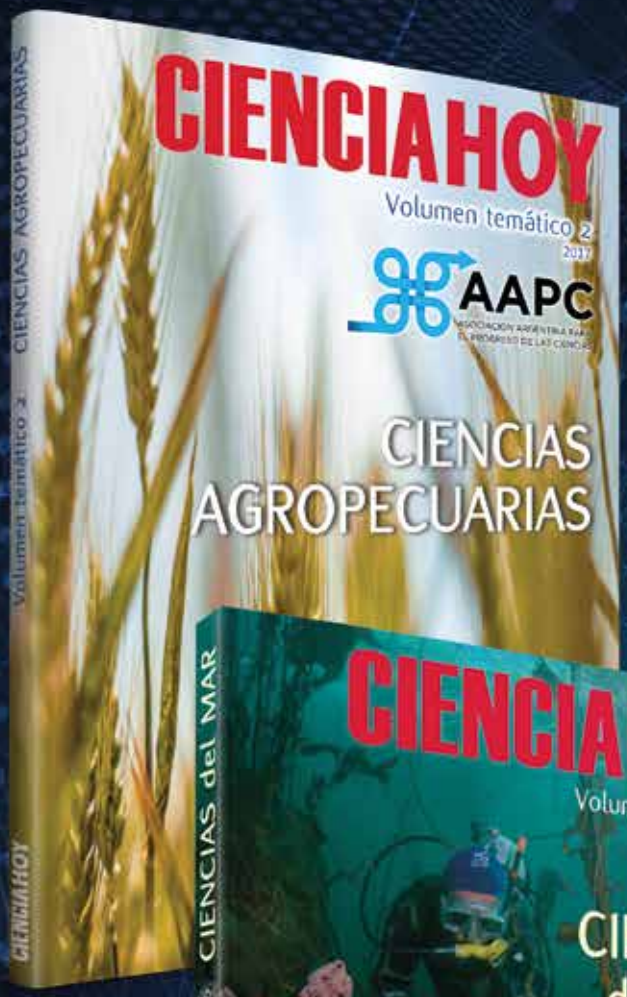
CIENCIA HOY

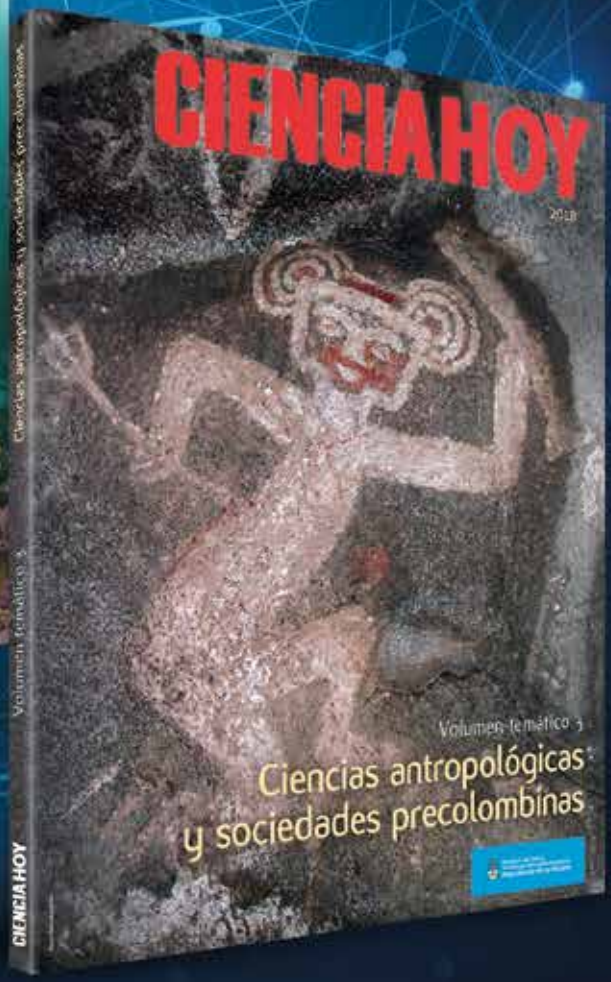
Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy
Volumen 30, número 179, abril-mayo 2022
Ejemplar en la Argentina $650

Fiebre amarilla en Buenos Aires

Clemente Ricci y la filología argentina
Humanos y megafauna americana
Interfaces cerebro-computadora
Plantas transgénicas silvestres
Erosión costera

9 770327 121009 00179





CIENCIA HOY
CONTINÚA CON SUS VOLÚMENES TEMÁTICOS

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

@CienciaHoyOK RevistaCienciaHoy (+54 911) 4029 6033

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) 4029 6033
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

Santiago Francisco Peña
Departamento de Humanidades y Artes, UNIPE-Conicet

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

Roberto R Pujana
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia-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), 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

Suscripciones
ARGENTINA:
6 números, $2500
12 números, $4000
EXTRANJERO
6 números, US$ 14
12 números, US$ 23

cienciahoy.org.ar/suscripcion/

Diseño y realización editorial
Estudio Massolo
Guatemala 4627, 6° C (C1425AAO)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Correo electrónico: *estudiomassolo@gmail.com*

Corrección
Mónica Urrestarazu

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).

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.

ISSN 0327-1218
Nº de registro DNDA: en trámite

www.facebook.com/RevistaCienciaHoy *@revistacienciahoy* *@CienciaHoyOK*

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

Sumario

Abril - mayo 2022
Volumen 30 - número 179

EDITORIAL

4 Ley de financiamiento de ciencia y técnica

HACE 25 AÑOS EN CIENCIA HOY

6 Volumen 7, número 37 - 1997

8 Grageas

ESPACIO INSTITUCIONAL DEL CONICET

14 Ciencia en tu vida

ARTÍCULO

18 Historia y memoria de la fiebre amarilla en Argentina Itinerarios, bifurcaciones y atajos

Maximiliano Ricardo Fiquepron

Cuando en la Argentina se piensa en una epidemia, la primera que viene a la mente es la de la fiebre amarilla de 1871. Este artículo se propone trazar un itinerario histórico atento a bifurcaciones y atajos producidos por la construcción de una 'memoria de la epidemia', una memoria de 1871 que no siempre es compatible con la evidencia histórica.

ARTÍCULO

23 Hacia rutas salvajes Transgenes en poblaciones silvestres de plantas

Claudio E Pandolfo y Mónica Poverene

El flujo génico entre los cultivos y sus parientes silvestres es un fenómeno natural y ocurre frecuentemente. El uso de cultivos transgénicos abre el interrogante sobre cuáles serían sus consecuencias. La colza es un importante cultivo oleaginoso comercializado en muchos países como transgénico resistente a herbicidas, pero no está autorizado en la Argentina. La detección de poblaciones asilvestradas de colza transgénica en la provincia de Buenos Aires motivó la investigación sobre su origen y sobre la transferencia de ese carácter a la maleza nabo silvestre.

ARTÍCULO

31 El derecho constitucional luego de veinte años de guerra contra el terrorismo

Gerardo Tripolone

Hasta la pandemia de COVID-19, el ejemplo más actual de un estado de excepción era el de la guerra contra el terrorismo. Casi veinte años después, el modelo de emergencia constitucional parece haber vuelto a mutar. La crisis sanitaria reemplazó a la amenaza terrorista. Sin embargo, podría pensarse que la aprobación con tanta facilidad y casi sin oposición de medidas tan restrictivas y extendidas en el tiempo como las vividas desde 2020 puede ser un legado de la mutación en el derecho constitucional durante la guerra contra el terrorismo.

ARTÍCULO

36 Los seres humanos y la extinción de la megafauna en Sudamérica durante el Pleistoceno final

Luciano Prates y S Ivan Perez

Un gran número de especies de megafauna se extinguió en varios continentes entre 50.000 y 10.000 años atrás. Este proceso tuvo su expresión más devastadora en América, donde el 80% de los grandes mamíferos desapareció a finales del Pleistoceno. Aunque desde hace más de cuarenta años los científicos debaten sobre los factores que desencadenaron este colapso, y no hay señales de un acuerdo cercano, recientes trabajos en Sudamérica ponen a los seres humanos, su tecnología de caza y sus efectos sobre el ambiente en el centro de la escena.

ARTÍCULO

41 La historia que cuentan los cladogramas

Carlos A Zavaro Pérez

La evolución es la causa de la diversidad de seres vivos. Las clasificaciones en las últimas décadas han tratado de reconstruir la evolución de los grupos taxonómicos y, en ese sentido, el uso de árboles filogenéticos ha contribuido a comprender los procesos que condicionaron la aparición de nuevas especies, que explican incluso algunas relaciones interdependientes resultantes de procesos de coevolución. La historia de algunos muérdagos del género *Misodendrum* y de los hongos del género *Cyttaria* con sus hospedadores, los *Nothofagus*, que se encuentran distribuidos en el sur de Sudamérica (Argentina y Chile) y en Australasia (Australia, Tasmania y Nueva Zelanda), constituye un ejemplo que es contado por sus cladogramas.

ARTÍCULO

47 Pienso, entonces muevo Hacia las interfaces cerebro-computadora como herramientas de rehabilitación motora funcional

Victoria Peterson

El desarrollo de interfaces entre el cerebro y la computadora se ha constituido en una disciplina de investigación que combina los conocimientos y la tecnología de la bioingeniería, de la matemática, la electrofisiología, la neurociencia y la inteligencia artificial, entre varias otras ramas de la ciencia. Si bien sus aplicaciones son muchas, todas buscan mejorar o potenciar la capacidad del sistema nervioso central de una persona. Avances locales recientes han permitido mejorar su efectividad en un factor cien.

ARTÍCULO

51 La erosión costera y el manejo de la arena en la barrera medanosa oriental de Buenos Aires

Federico Ignacio Isla

La erosión costera es un proceso natural que, sumado a la acción antrópica, genera efectos negativos de gran envergadura. En la costa de la provincia de Buenos Aires estos procesos erosivos son comunes; por lo tanto, requieren una gestión de manejo integral y control permanente para su mitigación y así poder evitar futuros desastres naturales asociados con el aumento de la frecuencia e intensidad de las tormentas proyectado por el Grupo de Expertos sobre el Cambio Climático.

ARTÍCULO

57 Clemente Ricci (1873-1946) y las humanidades como parte del proyecto científico en la Argentina

Diego M Santos y Pablo Ubierna

El nombre de Clemente Ricci remite a los orígenes del método científico en las humanidades en la academia argentina. Sin embargo, su papel es raramente reconocido y poco se sabe en general de su obra. Este artículo se propone recuperar su legado y tomar nota de su ejemplo tal vez como guía para redefinir el rol de las humanidades en el paisaje científico argentino.

61 ILUSIONES Y JUEGOS MATEMÁTICOS

Crossfit cerebral N.° 11

Ley de financiamiento de ciencia y técnica

En el mes de marzo de 2021, el Congreso de la Nación aprobó por unanimidad la Ley 27.614 de Financiamiento de la Ciencia y la Técnica, cuyo propósito es 'establecer el incremento progresivo y sostenido del presupuesto nacional destinado a la función ciencia y técnica, por su capacidad estratégica para el desarrollo económico, social y ambiental'. Este incremento llevaría la partida presupuestaria desde el actual 0,28% del PBI en 2021 hasta el 1% en 2032. A PBI constante, esto implicaría un aumento del presupuesto nacional de 3,6 veces, lo cual sería inédito en la historia de nuestro país. Considerando los habituales ciclos regresivos que obstaculizarían el crecimiento presupuestario, la ley también propone garantizar que 'la asignación de recursos para la función ciencia y técnica del presupuesto nacional nunca será inferior, en términos absolutos, a la del presupuesto del año anterior'.

Es importante hacer algunas observaciones. En primer lugar, el alcance de la ley se extiende a los organismos de la Administración Pública Nacional alcanzados por la función ciencia y técnica. Estos son, por ejemplo, el Conicet, la CNEA, el INTI, el INTA, la ANLIS (y sigue la lista; son 31 organismos, 27 nacionales y 4 provinciales, en 9 ministerios). Son aquellos definidos por la ley de ciencia y técnica –25.467– y que aparecen en el presupuesto nacional cada año. En segundo lugar, este aumento del presupuesto estaría separado de otras inversiones. No incluiría, por ejemplo, al aporte que hacen las universidades nacionales, las cuales constituyeron, en 2019, el 22,3% de toda la inversión en I+D. Tampoco incluiría a la inversión privada, que en ese mismo año fue del 0,18% del PBI. Un tercer aspecto a destacar es la inclusión de un artículo, el octavo, que hace hincapié en la federalización de los recursos. Así 'se establece que un mínimo del veinte por ciento (20%) del incremento anual… debe distribuirse en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en las provincias y en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y aplicarse a proyectos que promuevan un desarrollo armónico de las regiones del país, poniendo énfasis en aquellas de menor desarrollo'.

El proyecto estaba en carpeta y en preparación desde hace varios años y el hecho de que se haya aprobado extiende una perspectiva de crecimiento pautado para la próxima década. Para cualquiera de los organismos afectados esto no es un detalle menor. Sumado a la incerteza inflacionaria, la oscilación en la política de ciencia y técnica de los distintos gobiernos hizo que el presupuesto variase a lo largo de los años. Con una política de crecimiento asegurada, por la cual cada escalón alcanzado no podría desandarse, la posibilidad de hacer planes de inversión y de transformación de las actuales estructuras estatales es un atractivo que podría alentar cambios.

El organismo de CyT con mayor presupuesto, el Conicet, podría llevar a cabo sus planes de crecimiento estructurándolos de acuerdo con incrementos presupuestarios predecibles. Como se trata del principal ingresante de recursos humanos al sistema, esto tendría un impacto en todas las áreas. El papel del Conicet es relevante, aunque debatido por algunos sectores sobre todo en lo referido a la federalización de su alcance y a su carencia de una estrategia institucional. Es de imaginar que una instancia de crecimiento programado podría conducir a un debate más profundo acerca del papel que la institución debe jugar como parte del sistema.

Un comentario adicional merece el tema de las universidades, tanto las nacionales como las provinciales. Las universidades son parte enumerada del SNCyT como se detalla en la ley 25.467. Sin embargo, su participación presupuestaria para la finalidad-función 3,5, que es la de ciencia y técnica, es marginal; solo el 0,8% del

presupuesto universitario total se dedica a la CyT. Esto quiere decir que, si se incrementara esta porción del presupuesto siguiendo la ley, hacia 2032 debería implicar el 3,2% del presupuesto universitario total (suponiendo que las funciones de salud y educación crecieran en la misma forma en que lo han hecho hasta ahora). Este aumento, sin embargo, resulta todavía menor cuando se lo compara con la participación que las universidades tienen en el presupuesto de I+D –del 22,3% en 2019, como se mencionó arriba–. Es decir que la ley estaría aumentando el presupuesto de aquellos organismos orientados por su misión, pero no afectaría la de aquellos otros que desarrollan ciencia y técnica de manera más autónoma, 'basada en la curiosidad', como suele afirmarse.

Más allá del sempiterno debate entre 'ciencia básica' y 'aplicada', un resultado posible luego de diez años de aplicación de la ley podría ser el de universidades y organismos de CyT más fortalecidos en recursos humanos financiados por el Conicet y más desarrollos en los organismos de ciencia y técnica de la administración central. Faltarían aún recursos del Estado para la ciencia desarrollada en el ámbito universitario, pero podría volverse virtuoso que los organismos de CyT 'contrataran' con las universidades la ciencia básica necesaria para sus proyectos. Esto podría ser fuente de creación de empresas de base tecnológica a partir de conocimientos básicos que podrían proveer servicios tanto a los organismos de CyT como al sector industrial de mayor envergadura. La aprobación de esta Ley acompaña el avance en el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTI), un instrumento que define, organiza y comunica el conjunto de políticas, estrategias e instrumentos para todos los actores y agentes públicos y privados que integran el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Como el lector habrá notado, hemos redactado este editorial haciendo uso prioritario del modo potencial porque el resultado de este aumento presupuestario dependería fuertemente de la voluntad de los actores. Como en toda empresa humana, los recursos son necesarios para llevar adelante los proyectos, pero son necesarios los proyectos integrales con horizontes de corto, mediano y largo plazo, aventuras de cambio que requieran de conocimiento, emprendidas con un consenso mínimo respecto de cuáles son los alcances, las posibilidades y las limitaciones de nuestro sistema científico y tecnológico. Es difícil que una ley alcance a comprender todo esto. CH

HACE 25 AÑOS en CIENCIA HOY

AGN

LOS ENCLAVES FORESTALES DE LA REGIÓN CHAQUEÑO-MISIONERA

EDUARDO BITLLOCH Y HORACIO A SORMANI

Las formas de producción y de organización del espacio regional del área chaqueño-misionera diferían sustancialmente de las de la región pampeana, que, sin embargo, tienden a considerarse paradigmáticas de la etapa de gran crecimiento y transformación del país, entre 1880 y la Primera Guerra Mundial.

Wikimedia Commons

DIOSES Y CÓDICES PREHISPÁNICOS EN LA OBRA DE XUL SOLAR

ADRIANA B ARMANDO Y GUILLERMO A FANTONI

Un análisis de las relaciones entre el mundo prehispánico y la pintura esotérica de Alejandro Schulz Solari.

Wikimedia Commons

PRIONES Y VACAS LOCAS

CIENCIA HOY

Muy recientes investigaciones parecen confirmar que el agente causal de la encefalitis bovina es el que provocó en el Reino Unido el reciente brote de una nueva forma clínica de la enfermedad de Creutzfeld-Jacob.

©Bill Watterson

CALVIN, HOBBES Y EL GATO DE SCHRÖDINGER

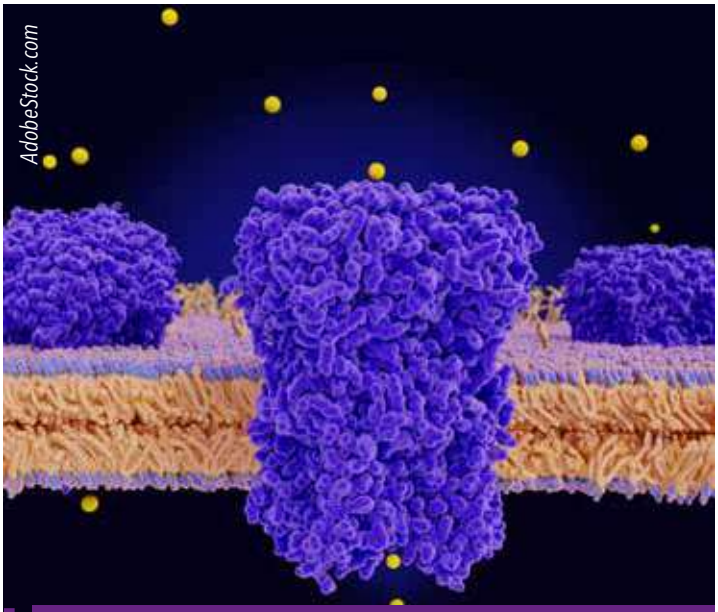
MIGUEL DE ASÚA

Sobre la realidad de un personaje de historieta.

PREMIO A CIENCIA HOY

Los editores de Ciencia Hoy recibieron el premio Fundación René Baron 1996 al periodismo.

Visita nuestros archivos en www.cienciahoy.org.ar



NAVEGANDO POR LOS CANALES

BASILIO A KOTSIAS

Los canales iónicos proporcionan vías rápidas y selectivas para el pasaje de iones a través de las membranas celulares. El conocimiento de sus funciones, indispensables para muchas actividades celulares, ha crecido notablemente en los últimos años.

Los canales iónicos, tema de esta nota, son claves en diversos procesos biológicos. El camino de estos 25 años nos llevó desde la bioquímica hasta la medicina. En 2003, Roderick Mc Kinnon fue galardonado con el premio Nobel de química por su trabajo sobre caracterización estructural de un canal transportador de potasio. Este premio fue conjuntamente otorgado a Peter Agre, por su trabajo en otro tipo de canales (los transportadores de agua). Pero los avances en el entendimiento de los canales y sus funciones no se detienen, ya que David Julius y Ardem Patapoutian recibieron el premio Nobel de medicina 2021 por el descubrimiento de nuevos canales iónicos: aquellos que median nuestra percepción de la temperatura, el tacto, la presión y el dolor.

EL PASADO DEL VIH

JUAN J MORRONE, JORGE V CRISCI Y RICARDO DEWEY

Dos hipótesis alternativas para explicar el origen del agente causante del sida: o el VIH evolucionó a partir de un virus similar de los monos, e infectó al hombre hace poco, o acompañó a este a lo largo de la evolución, pero antes fue poco virulento.

LA PROTECCIÓN DE LOS INVERTEBRADOS

ADRIANA OLIVA

Existirían unas 80.000 especies de invertebrados en la Argentina, y, en todo el mundo, se estima que por cada especie de aves habría unas cien conocidas (y hasta mil desconocidas) de insectos, todas las cuales desempeñan un papel en sus respectivos ecosistemas. La opinión pública, sin embargo, se interesa por la supervivencia de los delfines, pero no hace extensiva esa actitud a las hormigas, a las que considera una plaga dañina.

Las tendencias en investigación en sistemática y conservación de la biodiversidad en el planeta mantienen el sesgo hacia los vertebrados en comparación con los invertebrados menos estudiados, particularmente en hábitats terrestres y acuáticos. Es necesario incrementar los esfuerzos de investigación sobre la biodiversidad a escala global, en particular de los invertebrados menos estudiados, para comprenderla y poder conservarla. Este conocimiento es cada vez más valioso debido a la evidencia de que la pérdida de biodiversidad en sí misma puede exacerbar el cambio global. Asimismo, la falta de conocimiento sobre la diversidad de los invertebrados influye en la forma en que evaluamos el cambio global. Reducir la brecha de investigación entre vertebrados e invertebrados puede facilitar políticas de conservación más efectivas que permitan limitar el deterioro de la biodiversidad.

Extinciones en masa

La historia de la tierra desde sus comienzos presentó pulsos de biodiversidad y explosiones de formas de vida que de un momento a otro desaparecieron, eventos a los que se conoce como extinciones en masa. Cuando hablamos de extinciones en masa, en concreto es la pérdida de un porcentaje importante de la flora y la fauna, que en las extinciones más importantes osciló en un valor por encima del 70%. Es claro que las extinciones en masa también fueron un escenario de oportunidades para aquellos supervivientes, pero siempre devinieron en muchos miles o cientos de años para equiparar los valores de biodiversidad previos. Se reconocen cinco grandes extinciones, las cuales moldearon la flora y la fauna que hoy conocemos, la extinción del Ordovícico-Silúrico (hace 444 millones de años, Ma), Devónico (383-359Ma), Pérmico-Triásico (252Ma), Triásico-Jurásico (201Ma) y la extinción del Cretácico-Paleógeno (66Ma). En la actualidad, sobre la base del cambio climático, mucho se habla de la extinción de especies, pero cómo resulta esto a la luz de las extinciones ocurridas a lo largo de la historia de la vida en el planeta no se ha discutido demasiado. Robert H Cowie, Philippe Bouchet y Benoît Fontaine, tres especialistas en biodiversidad, han intentado develar esto tratando de dar luz a lo que se conoce como la sexta extinción en masa.

Para conocer si existe o no una situación de emergencia debemos primero enfocarnos en el significado de la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, también conocida en inglés como *IUCN Red List*. La lista roja ofrece de manera rápida un listado de las especies en el que se las califica de acuerdo con su vulnerabilidad. Las distintas categorías que la UICN otorga a las especies son las siguientes: de peligro, no evaluado, datos insuficientes, preocupación menor, casi amenazado, vulnerable, en peligro, en peligro crítico, extinguido en estado silvestre y extinguido. Para determinar esto se realizan censos sobre las poblaciones de determinadas

especies y si en estas se detecta reducción en el número de organismos, ingresan a la lista roja. Esta lista es un buen indicador crítico de la salud de la biodiversidad del planeta.

En la actualidad muchos de los detractores de la disminución de la biodiversidad basan parte de sus argumentos en la baja tasa de pérdida de especies que presenta la lista roja, según comentan Cowie y colaboradores. Sin embargo el escenario, lejos de ser ese, es mucho más dramático, principalmente basado en la falta de información de invertebrados. Según los autores, incorporando los valores estimados que se tienen sobre la extinción de invertebrados, el índice indicaría que estamos iniciando la sexta extinción en masa. Como ejemplo el artículo enfoca en los moluscos, uno de los grupos de invertebrados con mayor número de especies. Desde el 1500 a la actualidad, se estima que han desaparecido cerca del 7 al 13% de las especies de moluscos. Estos valores son muy diferentes a los que actualmente muestra la lista roja, que indica el 0,04%.

Tenemos muy poco conocimiento sobre muchas especies y esta falta de información nos dificulta comprender la emergencia por la que están atravesando. Por ejemplo, especies que fueron observadas una única vez o que viven en ambientes muy acotados. Estas son propensas a desaparecer pero la desinformación no nos permite evaluarlas. En esta situación se encuentran muchas especies, entre ellas los insectos, donde la información es sesgada. Según la revisión realizada por los autores, las especies marinas son las que más han sufrido, en contraste con la biota continental, donde las tasas de extinción son menores.

Todos estos argumentos son una muestra más del impacto a gran escala que generamos en el planeta y que condiciona las tasas de supervivencia de muchas especies. Por otro lado, la mayoría de los estudios se enfoca generalmente en especies carismáticas, aunque el verdadero problema radica en aquellas no visibles. Nuestro planeta es un lugar extraordinario y con un despliegue excepcional de diferentes formas de organismos, muchas de las cuales perdemos de vista y corren un gran riesgo de desaparecer sin siquiera poder detectarlas ni describirlas. Tomar conciencia de nuestro rol, reducir los cambios que generamos en el planeta y reconocer que aún resta una gran parte de la biodiversidad por descubrir son parte de los desafíos a los que debemos enfrentarnos de aquí en adelante. CH

Más información en COWIE RH, BOUCHET P & FONTAINE B, 2022, 'The Sixth Mass Extinction: fact, fiction or speculation?', *Biological Reviews*, 97: 640–663.

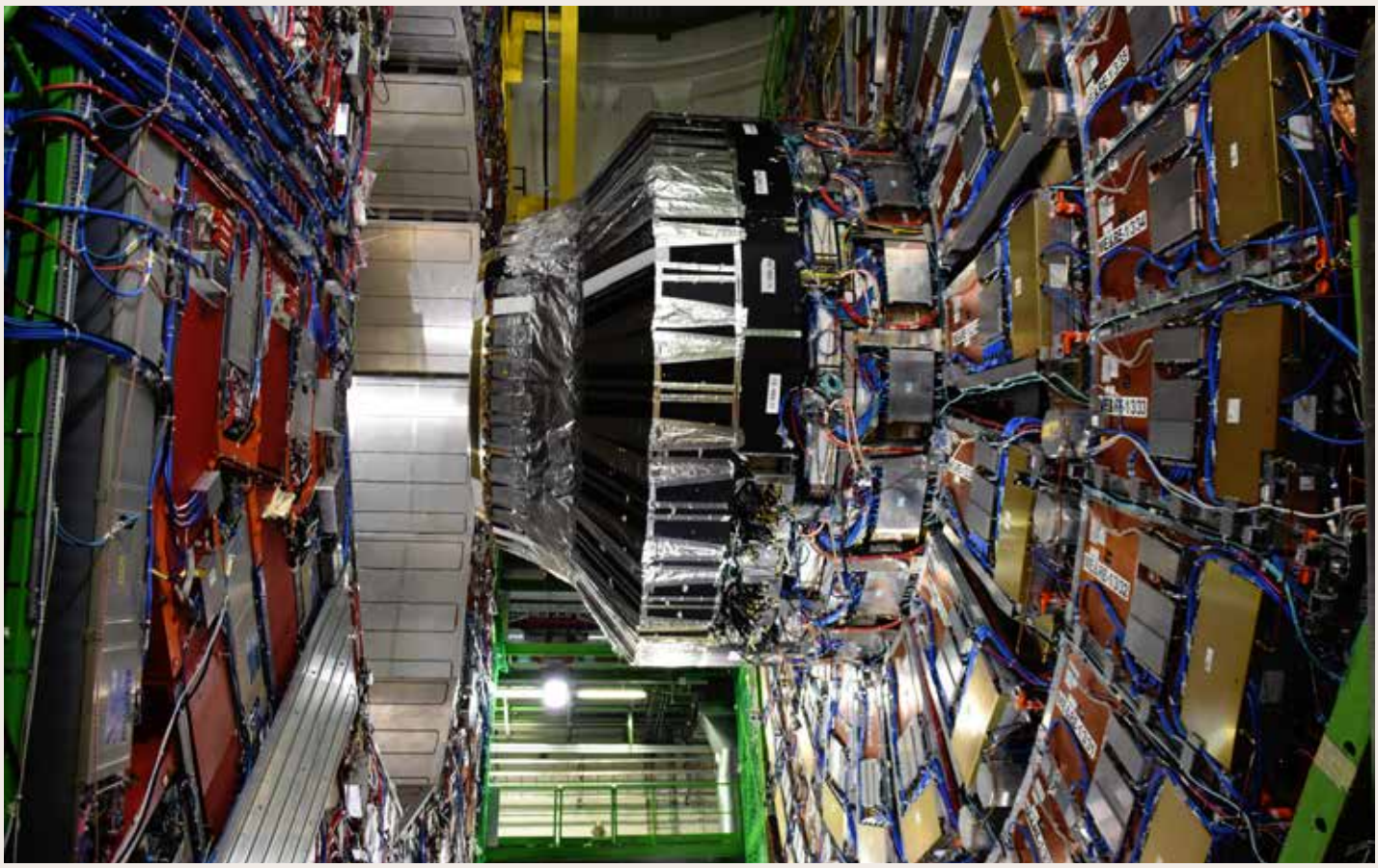
Los corales son de los invertebrados más carismáticos que podemos encontrar. Dentro de este grupo algunas especies se encuentran en la lista roja de la UICN. Foto *AdobeStock*

Viejos datos... ¿nueva física?

El entendimiento de la estructura última de la materia (¿de qué estamos hechos?) le ha permitido a la humanidad, para lo que resulte de bueno y también de malo, alcanzar el nivel de desarrollo tecnológico en el que se encuentra hoy. Este entendimiento fue espectacular durante el siglo XX debido, en su mayor parte, a la creación de instrumentos (aceleradores) que permitieron explorar, a energías cada vez mayores, o sea a distancias cada vez menores, la estructura íntima de la materia. El colofón de este avance se dio sobre las últimas tres décadas de aquel siglo con el perfeccionamiento de un modelo que condensa todo lo que se había descubierto hasta entonces y lo que, sobre la base de sus simetrías internas, se predecía que debía encontrarse. Tan estándar era ese modelo que se le otorgó justamente ese nombre, el Modelo Estándar (o SM, por su sigla en inglés).

Su más espectacular predicción fue la existencia de una partícula, el llamado bosón de Higgs, que al interactuar con las demás le otorgaría a cada una su masa. Esta partícula fue finalmente encontrada en 2012 por dos experimentos diferentes (ATLAS y CMS), ubicados en el acelerador más grande existente actualmente, el Gran Colisionador de Hadrones (*Large Hadron Collider* o LHC, por su nombre en inglés). El LHC está ubicado en la frontera franco-suiza, cerca de Ginebra, tiene una circunferencia de 27km y pertenece a una organización denominada Centro Europeo para la Investigación Nuclear (o CERN, por su sigla en francés).

Además del bosón de Higgs, de fama universal, el SM predijo la existencia de otras partículas (también bosones) mediadoras de la interacción débil, dos de ellas cargadas eléctricamente y denominadas $W^{+/-}$ y una neutra llamada Z. La interacción débil es una de las cuatro fuerzas de la naturaleza (junto con la gravitación, el electromagnetismo y la fuerza nuclear fuerte) y es responsable de los procesos nucleares que hacen que el



El experimento Compact Muon Solenoid (CMS) es un detector de física de partículas en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC) en el CERN. Foto Simon Waldherr, *commons.wikimedia.org*

Sol brille y que las partículas decaigan. Carlo Rubbia y Simon van der Meer ganaron el premio Nobel de física de 1984 por sus contribuciones al proyecto que llevó a su descubrimiento en 1982.

El CERN no fue el único acelerador capaz de producir y estudiar a estos mediadores de la interacción débil. Otro acelerador, el Tevatron –ubicado en los Estados Unidos– fue usado por dos grandes colaboraciones para estudiar a estas tres partículas, entre otras cosas. Ellos eran CDF (*Collider Detector at Fermilab*) y D0 (léase D cero). Razones políticas y económicas forzaron el cierre del Tevatron en 2011, pero ambas colaboraciones continuaron con el análisis de los datos que se habían acumulado hasta entonces. Particularmente los científicos de CDF anunciaron, en un artículo publicado en la revista *Science* el 7 de abril de 2022, que después de analizar unos 4,2 millones de eventos donde aparece el bosón W la masa que ellos miden y la que se deduce del SM difieren en, al menos, 7σ (léase 7 sigma). Esto significa que la probabilidad de que coincidan por errores conocidos es de 2 partes en 100 millones.

Esto es muy relevante porque significa que, si el número experimental de masa medido es correcto, entonces a los cálculos del SM les falta algo. Y lo que sea que les falte tiene que ser, forzosamente, una componente física nueva que no ha sido incluida por desconocerse.

Los bosones W no son fáciles de medir. Se producen en las colisiones dentro de los aceleradores a altas energías. Su masa es de alrededor de 80 veces la masa de un protón de manera que para obtenerlo a partir del choque de un protón contra otro se necesita una energía que sea al menos 40 veces la de su masa. Los Ws así creados decaen muy rápido y la forma de identificarlos es a través de sus productos, un electrón o su primo más pesado, el muón, y un neutrino. El último atraviesa cualquier detector sin dejar rastro, o sea, solo

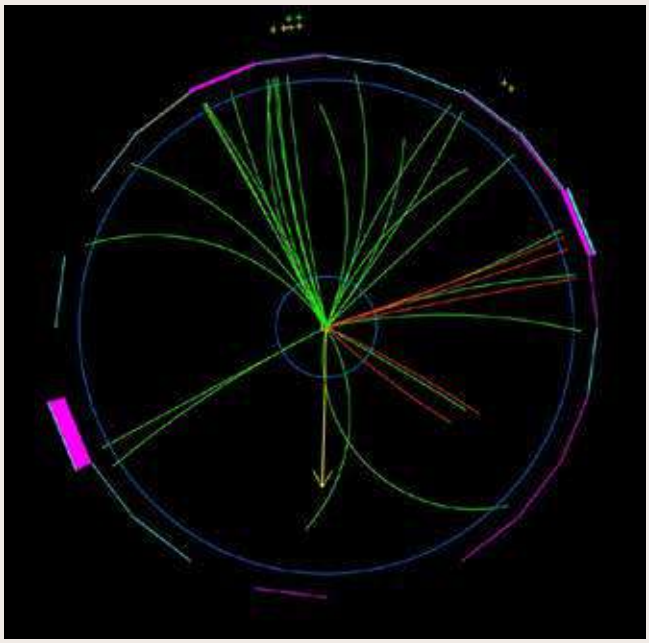


Imagen por computadora de una colisión dentro del detector CDF donde se muestra a un bosón W cuando decae en un positrón (bloque magenta a la izquierda abajo en la figura) y un neutrino indetectable que abandona la escena (flecha amarilla). Foto Fermilab/Science Photo Library

quedan las huellas que dejan los electrones o muones. Reconstruir la masa se hace difícil porque sin la información del neutrino no se puede asegurar que parte de la energía del electrón o del muón proviene de la masa del W y cuál de su velocidad. Según los científicos del grupo que obtuvo estos resultados la cantidad de mejoras introducidas en el conocimiento de estas interacciones fue enorme y fueron los avances, tanto teóricos como experimentales, ocurridos en los últimos años lo que les permitió arribar a este resultado.

La diferencia entre la predicción teórica y este nuevo resultado experimental es solo del 0,09% y, aunque parezca pequeña como para albergar cualquier esperanza de introducir elementos nuevos, es bastante mayor que los márgenes de error involucrados que son menores al 0,01%. Sin embargo, el resultado no coincide con otras medidas de la masa del W. Es por esta razón que algunos científicos como Daniel de Florian, de la Universidad Nacional de San Martín e investigador superior del Conicet, se permiten un espacio para ser cautos. De Florian –que es internacionalmente reconocido por su aporte al descubrimiento del bosón de Higgs o la 'partícula de Dios' donde gran parte de los cálculos desarrollados por él y sus colaboradores durante más de una década fueron utilizados para analizar los resultados obtenidos por el LHC, sostiene que sería apresurado atribuir esta diferencia significativa con el SM como un signo de física nueva. Antes debe compararse el resultado obtenido con los otros existentes para determinar si no se están subestimando incertezas de diversos orígenes (en particular teóricos) en el procedimiento de extracción de la masa del W.

Estos resultados de CDF duplican la precisión de los obtenidos por ATLAS en el LHC, pero discrepan con varios experimentos previos que mostraban acuerdo con la predicción teórica del SM. Tanto ATLAS como otro experimento del LHC, el llamado LHCb, están recalculando sus medidas y en pocos años podrán alcanzar la precisión de CDF. Solo allí podremos ver si el resultado se mantiene o debe ser revisado. CH

Más información en AALTONEN T *et al.*, 2022, 'High-precision measurement of the *W* boson mass with the CDF II detector', *Science*, 376: 170-176

Nuevo límite superior a la masa del neutrino

Los neutrinos son quizá las más misteriosas de todas las partículas elementales. Alrededor de 100 mil millones de los producidos por el Sol atraviesan nuestros pulgares en un segundo. No hay que preocuparse; la posibilidad de que interactúen con algún núcleo de nuestro ADN es remota. De hecho, si quisiésemos asegurarnos de detener un neutrino en su viaje deberíamos alinear un ladrillo de plomo de alrededor de 10^{13} kilómetros de longitud para lograrlo. Por mucho tiempo los científicos pensaron que no tenían masa, pero luego de una serie de experimentos concluyeron que los tres 'sabores' de neutrinos se combinan para darles masa, al menos a dos de ellos, y que esta es muy pequeña. Medida en términos de energía, las observaciones cosmológicas le ponen una cota superior de 1,1 electronvoltios (unas 500 veces más livianos que los electrones).

En febrero de 2022, un grupo de científicos alemanes del Instituto de Tecnología de Karlsruhe informó, en un trabajo publicado en la revista *Nature Physics,* que la masa máxima de un neutrino no puede superar los 0,8 electronvoltios. Para llegar a esta conclusión ellos diseñaron un experimento que denominaron KATRIN (Karlsruhe Tritium Neutrino). KATRIN sigue el decaimiento de un isótopo radiactivo del hidrógeno llamado tritio. Durante este decaimiento un neutrón se convierte en un protón y emite un electrón y un neutrino (o, más exactamente, una partícula de igual masa llamada antineutrino). KATRIN no puede detectar a los neutrinos directamente, pero puede medir con precisión el rango de energías de los electrones que se mueven dentro de su cámara de 23 metros de largo y con forma de dirigible. Se trata del sistema de ultravacío más grande del mundo. La medición de las energías de los electrones revela el rango de energías de los neutrinos invisibles lo que, a su vez, revela su rango de masa. Esta nueva cota superior a la masa de 0,8 electronvoltios (eV) es la primera que se obtiene a partir de una medición directa.

La colaboración científica a cargo de KATRIN ya había informado en 2019 sobre los resultados de una primera medición que puso una cota superior en 1,1eV. Este nuevo resultado, producto de una mayor exposición al haz de tritio que se le inyecta, ha reducido significativamente este límite. Sin embargo, hasta ahora, el experimento solo ha podido establecer un límite superior en la masa. Los investigadores apuntan a que se podría hacer una medición definitiva una vez que se termine de recopilar datos en 2024, y es el único experimento en el mundo capaz de hacer esto.

Si el experimento KATRIN pudiese identificar una masa de neutrino antes de alcanzar su sensibilidad de diseño, de 0,2eV, el impacto en la física sería enorme. Por ejemplo, podría brindar orientación sobre cómo mejorar las teorías cosmológicas.

Los resultados de KATRIN de 2019 se basaron en una ejecución inicial del experimento en abril y mayo de ese año, cuando el haz de tritio operaba a una cuarta parte de su potencia total. El último resultado se basa en los datos de la primera ejecución a potencia completa, que tuvo lugar más tarde, en 2019. Estos datos indican un límite superior de 0,9eV, que desciende a 0,8 cuando se los combina con los resultados anteriores.

El espectrómetro principal cruzando el pueblo de Leopoldshafen en Alemania, en camino al Campus Nord del Karlsruher Institut für Technologie. Foto KIT

Aunque la estimación se ha ajustado, todavía no es posible informar un límite inferior para la masa del neutrino. Los datos aún no descartan la posibilidad de que la masa sea cero. Pero otras líneas de evidencia, en particular de las observaciones cosmológicas, muestran que el neutrino no puede carecer de masa.

Todavía es posible que, incluso después de 2024, KATRIN no pueda medir la masa del neutrino: si la masa es inferior a 0,2eV, podría quedar fuera de la sensibilidad del experimento. Así procede muchas veces la física; un experimento permite buscar un parámetro, en este caso la masa, dentro de un rango de valores. Si la encuentra es un éxito; si no lo hace, los resultados sirven para descartar lo ya explorado. CH

Más información en THE KATRIN COLLABORATION, 2022, 'Direct neutrino-mass measurement with sub-electronvolt sensitivity', *Nature Physics*, 18: 160-166.

Científicos trabajando dentro del espectrómetro. Foto KIT

HUMOR

Los cerambícidos son una familia de escarabajos de cuerpo generalmente alargado y de antenas también muy largas. En la ilustración dos especies de cerambícido diferentes: *Retrachydes thoracicus*, el más grande, y *Compsocerus violaceus*, el de los pompones coquetos, también llamado guitarrero, porque hace ruidito frotando las alas contra las patas (no sé si tocará como Atahualpa Yupanqui, pero algo es algo). De los pompones no tengo nada para decir. Solo que son geniales.

Irene Negri
irenitanegrix@gmail.com

DÍA INTERNACIONAL DE LA MUJER Y LA NIÑA EN LA CIENCIA

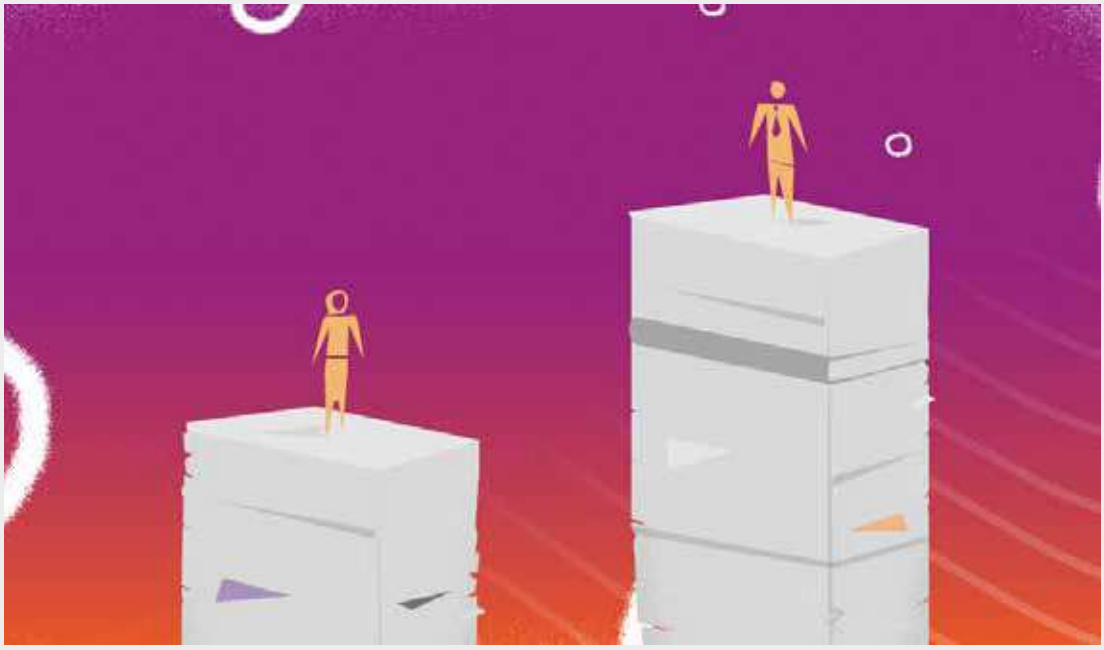
El CONICET estudia cómo se desarrollan las carreras de las investigadoras e investigadores y la brecha de género en ciencia

Se intenta desentrañar, entre otras cuestiones, algunos de los factores que intervienen en el desarrollo desigual de la carrera.

Cuando una persona accede a la Carrera del Investigador/a Científico/a del CONICET lo hace en la categoría inicial: se convierte en Investigador/a Asistente. Ahora bien: cada científico/a, cada cierta cantidad de años puede pedir una "promoción": se somete un proceso de evaluación ante un jurado que analiza sus antecedentes y sus proyecciones como científico/a, y da su veredicto sobre si es pertinente que ascienda. Si su pedido es aceptado, el/la investigador/a pasará al siguiente escalafón de la carrera: Investigador/a Adjunto/a. Unos años después, podrá pedir una nueva promoción hacia la categoría de Investigador/a Independiente, más adelante podrá postularse para ser Investigador/a Principal y, por último, podrá acceder al escalafón más alto de la carrera: Investigador/a Superior. Sin embargo, esta carrera no será igual para hombres y para mujeres: la trayectoria será diferente por cuestiones personales, sociales, culturales e incluso por los cambios en las regulaciones de la propia carrera del CONICET, y eso impacta de manera distinta en los campos de conocimiento. Sobre esas diferencias es necesario reflexionar en el marco del Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia que se celebra cada 11 de febrero: una fecha instaurada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2015 para promover el acceso y la participación plena y equitativa en la ciencia y tecnología para las mujeres y las niñas.

En el Estudio de trayectorias de investigadores e investigadoras (1985-2020), un análisis que se encuentra desarrollando la Dirección de Evaluación y Planificación Institucional del CONICET liderado por Cynthia Jeppesen, Gerenta de Evaluación y Planificación, se vislumbra que las científicas tardan más que los hombres en avanzar en los distintos escalafones de la carrera, e incluso muy pocas logran llegar a las categorías más altas. Sobre este punto, Graciela Clotilde Riquelme, asesora científica del estudio e investigadora principal del CONICET retirada ad-honorem, explica: "Estas evidencias deben interpretarse con cuidado, pues existirían estilos de carreras por género de ritmos peculiares, y que las duraciones deberían estudiarse en función de la relación entre las entradas, las permanencias en categorías con la producción científica de la y los investigadores, es decir hay que comprender que pese a ritmos más lentos pueden existir logros en publicaciones, documentos originales, innovaciones, transferencias e intervenciones en la realidad social y productiva. Un rasgo importante es la denominada feminización de la población científica, coincidente con la expansión de la matrícula y la graduación de las mujeres en la educación superior".

Esa diferencia entre mujeres y varones dentro de la Carrera Científica es lo que se conoce como "brecha de género". "La brecha de género (en inglés gender gap) es una construcción analítica y empírica que muestra la diferencia entre las categorías de una variable en relación con las tasas masculinas y femeninas, donde las desigualdades tienen que ver con la participación, acceso a oportunidades, derechos, poder e influencia, remuneración y beneficios, control y uso de los recursos, que les permiten garantizar su bienestar y desarrollo humano –subraya Riquelme-. Las brechas de género se expresan en todas las áreas del desempeño, como el económico, social, laboral, cultural, sanitario, etc. Se fundan en la jerarquización de



El CONICET estudia la brecha de género entre investigadores e investigadoras en el ámbito de la ciencia. Ilustración: CONICET.

las diferencias entre hombres y mujeres y se expresan de distinta manera según el área de que se trate. Esta situación de desigualdad se hace cada vez más visible y es necesario comprender y lograr debatir en los ámbitos de la carrera del CONICET, para promover cambios".

El equipo interdisciplinario que lleva adelante el Estudio de trayectorias de investigadores e investigadoras (1985-2020) se conforma por especialistas en ciencia y técnica, gestión pública y demografía. Comenzaron este estudio de largo aliento en 2021, con el objetivo de analizar el modo en que se desempeña el conjunto de investigadores e investigadoras que conformaron el sistema científico entre 1985 y 2020. La finalidad que se plantearon, además, es comprender las características de las carreras y el tipo de producción según campos de conocimiento y las diferentes regulaciones que pueden incidir en el desarrollo y promociones de las investigadoras frente a los investigadores, interpretando y ponderando las razones, y comprender cómo inciden los ciclos de vida –cuidado y maternidad-, pero también analizar las formas de organización de los grupos de trabajo, las normas de evaluación según disciplinas y verificar los cambios a lo largo de las diferentes conducciones políticas.

"La investigación de la Gerencia impulsa indagar con análisis multifactorial y otros relevamientos los rasgos de la producción científica, para verificar la existencia de otros factores. Los primeros hallazgos tienen correlación con estudios realizados a nivel internacional sobre la carrera académica, en los que se ve que en líneas generales las mujeres también avanzan más lento que los hombres", puntualiza Jepessen, recientemente designada por el Directorio del CONICET para integrar el Global Research Council, un espacio que cuenta con representantes de todos los continentes para diseñar e implementar mejoras en las prácticas de evaluación en la ciencia.

El estudio cuenta con la colaboración de la Gerencia de Recursos Humanos del organismo y también de la Gerencia de Organización y Sistemas en el armado de la base de datos. "Encarar un estudio de tal envergadura en el CONICET sienta las bases para lograr un sistema de información sobre la dotación y trayectorias en términos cuantitativos y cualitativos", analiza Riquelme, que además es referente del campo de la Economía de la Educación y Economía Política de la Educación. "También para elaborar y sistematizar algunos hallazgos de comportamiento sobre los rasgos prevalentes en el acceso, desarrollo de las y los investigadores por campo científico, de acuerdo a periodos y campos científicos y orientar a las comisiones de pares en la elaboración de criterios y términos de la evaluación de la Carrera del Investigador/a Científico/a", añade.

Etapas del estudio

La primera etapa de este estudio, realizada el año pasado, incluyó un relevamiento exhaustivo de bibliografía, que permitió luego al equipo realizar una propuesta de metodología. Desde ese punto de partida, además de contar con el asesoramiento de Riquelme, el equipo estableció un diálogo con otros investigadores e investigadoras del CONICET que tienen como objeto de estudio la carrera académica, en algunos casos incluso abordando cuestiones de género dentro de sus investigaciones. Luego, el equipo de trabajo fijó las preguntas que guiarían el estudio: ¿cómo fue variando la población de investigadores e investigadoras a lo largo del tiempo?, ¿de qué manera las políticas de los últimos años terminan impactando en la evaluación para el ingreso y la promoción?, ¿de qué modo afecta a la carrera de investigadores e investigadoras según la disciplina?, ¿cómo llegan a promocionar en las distintas categorías?, ¿qué diferencias se establecen según el género, el lugar geográfico y otras variables? El análisis se realizó por períodos políticos, tomando desde la vuelta a la democracia pasando por las distintas reformas del Estado y la crisis del 2001. "El CONICET del 85 es diferente al del 2020 y también al del 2010: encontramos rasgos distintivos para cada una de las grandes áreas de conocimiento", asegura Jeppesen.

Cabe recordar que las grandes áreas del conocimiento que comprende la Carrera del Investigador/a Científica del CONICET son cinco: Ciencias Agrarias, de las Ingenierías y de Materiales, Ciencias Biológicas y de la Salud, Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias Sociales y Humanidades y Tecnología. "Observamos que el Gran Área de las Ciencias Biológicas y de la Salud es de la más feminizadas, en el sentido de que está compuesta por más mujeres que varones, y además es una de las áreas que más tempranamente se feminizó: es el área que mayor desbalance presenta a favor de las mujeres. Ciencias Sociales y Humanidades también es un gran área históricamente feminizada. Incluso Ciencias Agrarias, de Materiales y de Ingeniería, que no era feminizada, en los últimos años, probablemente gracias a la apertura hacia otros campos como la biodiversidad o los recursos naturales, se feminizó. Y en cuanto a las Ciencias Exactas y Naturales, no son alcanzadas por este proceso de feminización, sino que siguen siendo predominantemente masculinas", puntualiza Jeppesen.

Riquelme señala una paradoja interesante que forma parte de los primeros hallazgos de este estudio: "Advertimos que en 1985 el número de investigadores superaba al de investigadoras. Para el año 2010 la cifra se empareja y, de allí en adelante, crece más la cantidad de investigadoras que la de investigadores. En todos los períodos la tasa de crecimiento de varones es inferior". En este sentido, Riquelme reflexiona: "En tanto las mujeres optan en menor medida por estudios en las áreas de Ingeniería y otras ciencias aplicadas versus su participación mayoritaria en carreras de Ciencias Sociales, Humanas y de Salud, situación que es común en los países latinoamericanos, estas elecciones reflejan también en el tipo de ocupaciones de las mujeres, en tanto tienen una menor participación en el sectores o actividades vinculadas con la ciencia y tecnología".

En el marco del Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia., Riquelme concluye señalando que la educación debe promover "la libertad en el descubrimiento de la realidad social y productiva y la identificación de posibilidades de intervención pues son necesarias tanto para varones como para mujeres, y se deben derribar prejuicios respecto a espacios predeterminados para mujeres diferentes que para los varones. Las generaciones jóvenes ya están actuando con esas libertades incursionando en áreas limitadas por prejuicios predeterminados. Este estudio permitirá seguir trabajando para conocer mejor a nuestro sistema científico e intervenir para lograr derribar los prejuicios que aún perduran". ■

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Un desarrollo de un equipo de investigación del CONICET permite la desalinización del agua de mar para consumo humano

El equipamiento trabaja con hidrógeno verde en un circuito que no produce impacto ambiental.

Motivados por la problemática de escasez de agua potable en Caleta Olivia, provincia de Santa Cruz, un equipo de investigación bajo el liderazgo de Adrian Brunini, científico del CONICET en la Unidad Académica Caleta Olivia (UACO, Universidad Nacional de la Patagonia Austral), logró desarrollar un calentador de agua de mar para la obtención de agua potable. El equipo, que no genera consecuencias ambientales nocivas, podría funcionar, además, con hidrógeno verde.

"Tratamos de buscar una solución, algo que tuviese impacto en la comunidad", explica Brunini sobre las motivaciones del desarrollo. Y continúa: "Comenzamos a trabajar en una tecnología que reproduce el ciclo del agua. Es una energía térmica, eficiente y que no requiere grandes avances tecnológicos para funcionar en una planta desalinizadora".

El equipo de investigación construyó una planta piloto desalinizadora que funciona con la quema de hidrógeno, por lo tanto no afecta al medioambiente: "El hidrogeno solo produce vapor de agua y eso es importante porque no genera ningún gas de efecto invernadero", argumenta el investigador.

La tecnología imita el ciclo natural del agua. "Se calienta el agua de mar y se la pone en contacto con aire seco, al hacer eso inmediatamente el aire seco se humedece", explica Brunini. El aire absorbe la humedad del agua, "la cuestión es que solo absorbe el agua, no la sal", agrega. El siguiente paso será condesar la humedad del aire para recuperar el recurso que se encontraba, hasta ese momento, en forma de vapor.

Imagen: gentileza investigadores/ as

El investigador advierte que el equipo tiene un diseño termodinámico especial que permite recuperar la mayor parte de energía utilizada. Además, para Brunini, si a este proceso se le sumara la producción de hidrógeno por medio de energías limpias, como paneles solares o molinos eólicos, sería posible hablar de un circuito doblemente noble.

Hacia el futuro, la intención es continuar mejorando el rendimiento en aspectos como la presión y la incorporación de nuevos prototipos que puedan contribuir a la mejora de la tecnología. Para Brunini, el desarrollo tecnológico es indispensable para afianzar la soberanía como país: "Tenemos que desarrollar la tecnología necesaria no solo para producir el hidrógeno, sino también para utilizarlo", finaliza. ■

CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

El genoma de los capuchinos y las variaciones en el color de sus plumas

Una reciente investigación, de la que participaron especialistas del CONICET, asocia pequeñas variaciones genéticas entre las diez especies conocidas de este grupo de aves con las diferencias en la coloración de distintos parches de su plumaje.

Los capuchinos son un clado de pequeñas aves migratorias endémicas de América del Sur, pertenecientes al género Sporophila, que recientemente han sufrido una radiación explosiva. Aunque las diez especies del grupo que se conocen hasta el momento son muy similares en tamaño, forma y demás características morfológicas, los machos de cada una de ellas pueden distinguirse fácilmente a partir de sus diferentes cantos y de los distintos patrones de coloración de sus plumajes. Las hembras, en cambio, comparten un color beige-tostado que hace imposible poder diferenciarlas a primera vista.

Se habla patrones de coloración porque cada una de las especies de capuchinos posee una forma distintiva de combinar parches de plumaje de diferentes colores. Los parches corresponden a diferentes partes del cuerpo de las aves, como la garganta, la cabeza, la nuca, la espalda, la rabadilla y el abdomen.

La gran similitud que existe a nivel morfológico entre las especies de capuchinos tiene como correlato que sean también prácticamente idénticas desde el punto de vista genético. No obstante, investigaciones realizadas en el último lustro relevaron la existencia de pequeñas diferencias en ciertas regiones del genoma vinculadas con la producción de melanina, que es el pigmento responsable de la coloración del plumaje en estas especies.

Aunque la similitud genética entre las especies permitiría que pudieran cruzarse e hibridar, experimentos en campo realizados por científicos y científicas del CONICET han mostrado que esto casi no ocurre probablemente porque las hembras escogen para el apareamiento a machos de su propia especie, a los que pueden distinguir por el canto y por el color de sus plumas. Es decir que las diferencias en la coloración del plumaje son claves para mantener la identidad de las diversas especies de capuchinos.

El patrón de coloración en capuchinos es generado por la combinación modular de variantes que regulan múltiples genes de melanogénesis. Ilustración: Virginia Greene

Una investigación para conocer más sobre el color de los capuchinos

Para poder determinar con mayor precisión qué genes o regiones del genoma son responsables de generar el patrón de coloración complejo de este grupo de aves sudamericanas, una reciente investigación, de la que participaron especialistas del CONICET, combinó la secuenciación de los genomas completos con el análisis químico de la concentración de pigmentos de melanina (eumelanina y feomelanina) en seis parches diferentes del plumaje de las diez especies de capuchinos: los parches de la cabeza, nuca, espalda, rabadilla, garganta y abdomen. Los resultados de este estudio fueron publicados en la revista Proceedings of the Royal Society B.

Una primera parte de la investigación consistió en analizar las diferencias a nivel genómico en tres especies cuyo plumaje solo se diferencia por el color del parche de su garganta: el capuchino canela (Sporophila hypoxantha), el capuchino garganta café (S. ruficollis), y el capuchino pecho blanco (S. palustris).

"Lo que queríamos saber es si son siempre las mismas regiones genéticas las que determinan el color de un parche, o si, según el color, pueden encontrarse involucradas distintas regiones. Lo que vimos es que para cambiar de la garganta canela a la garganta café se necesitan modificaciones en dos regiones genéticas, mientras, en cambio, el cambio entre el canela y el blanco de la garganta está determinado por una única y diferente región del genoma", explica Cecilia Estalles, becaria doctoral del CONICET en el Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" (MACNBR, CONICET) y primera autora del artículo.

En una segunda etapa del estudio, el equipo de investigación cotejó, a nivel más general, la secuenciación del genoma completo de las diez especies de capuchinos con los resultados del análisis de la coloración de los parches del plumaje.

"Encontramos que la coloración de cada parche de plumaje está asociada a una combinación única de regiones genómicas. El color de la garganta, por ejemplo, está vinculado a tres regiones genómicas, que son diferentes de las tres regiones asociadas con la coloración del parche de la espalda. Por otra parte, hallamos que las mutaciones que determinan diferencias en el color de los distintos parches no están por lo general en regiones del ADN que codifican para proteínas, sino en regiones intergénicas –seguramente regulatorias- cercanas a genes de pigmentación conocidos", explica Estalles.

Finalmente, el equipo de investigación también pudo comprobar que, aunque un mismo gen en ciertos casos puede determinar la coloración de más de un parche de color, en ciertos casos las mutaciones responsables de la variación del color en diferentes parches ocurren en zonas ligeramente diferentes de sus regiones regulatorias. "Lo que vimos, y nos sorprendió, es que, por ejemplo, el color de la cabeza, la nuca y el abdomen depende de variaciones en una misma región genómica, pero, sin embargo, las mutaciones asociadas a la coloración de la cabeza se encuentran en un fragmento dentro de la región ligeramente diferente a la región donde se encuentran las variaciones vinculadas a la nuca y las asociadas al abdomen", afirma Estalles.

Es importante destacar, además, que estos resultados tomados en su conjunto sugieren que nuevas combinaciones de variantes ya existentes de los genes de la síntesis de melanina, generadas, por ejemplo, por eventos aislados y poco frecuentes de hibridación, pueden derivar en la aparición de nuevos patrones de color sin la necesidad de nuevas mutaciones. De acuerdo con los especialistas, este mecanismo, ligado al aislamiento reproductivo generado por la aparición de nuevos patrones de coloración, permitiría explicar la rápida radiación del grupo. ■

Maximiliano Ricardo Fiquepron
Instituto de Ciencias, UNGS

Historia y memoria de la fiebre amarilla en la Argentina

Itinerarios, bifurcaciones y atajos

Itinerarios

En enero de 1871, con los primeros casos de fiebre en el sur de la ciudad de Buenos Aires, comienza una escalada de casos y defunciones que, con su pico en abril, finalizaría a principios de julio de ese mismo año. Las cifras son contundentes: 13.641 muertes para una ciudad que tenía un promedio de 5.000 defunciones anuales. Sin embargo, el drama humanitario no se debió solo al dramático número de fallecidos. La escasez de médicos, insumos y alimentos provocó que las necesidades básicas de gran parte de la población no fueran satisfechas. Gran parte de la población optó por las medidas habituales, principalmente huyendo a localidades vecinas. La ciudad, transformada en sus formas de sociabilidad y espacios compartidos, se tiñó durante esos meses de un tono lúgubre.

En este escenario, las instituciones de salud y de gobierno tomaron medidas excepcionales. La Municipalidad de la ciudad creó comisiones parroquiales para abastecer a los 'enfermos y menesterosos', y así (junto al apoyo de otras organizaciones civiles) se combatió la peste. Entre las medidas más importantes, la ciudad fue autorizada a comprar un terreno en la Chacarita e instalar ahí un cementerio laico para toda la ciudad, un 'enterratorio general', tal como se le decía entonces.

Este es el escenario que nos muestran las fuentes históricas: una ciudad en necesidad y desprovista de herramientas técnicas y médicas para combatir el flagelo (el mosquito como vector será descubierto y revalidado por la comunidad internacional recién a comienzos del siglo XX) hizo lo que pudo para contener esa tragedia. Sin embargo, como sabemos, muchas veces existe una disociación entre la historia y la memoria.

¿DE QUÉ SE TRATA?

La historia de la fiebre amarilla muestra cómo en ocasiones la memoria histórica está disociada de los hechos.

Atajos y bifurcaciones de la memoria

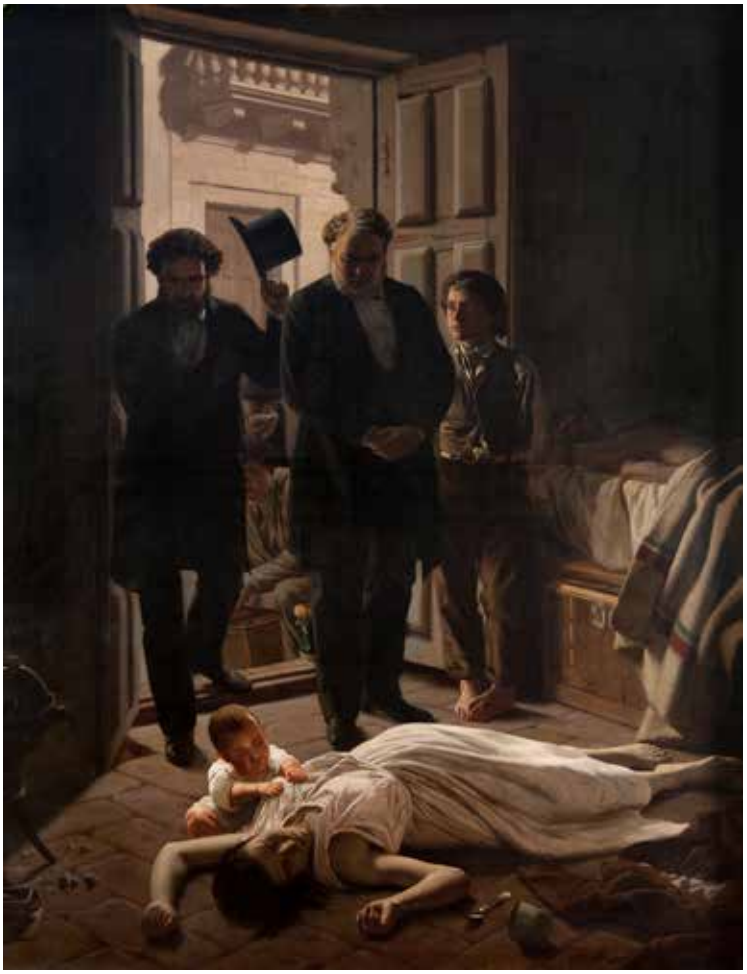
Al salir del mundo de las fuentes documentales, de la metodología y de las hipótesis de investigación se ingresa se ingresa en un escenario diferente. Analizaremos aquí dos imágenes paradigmáticas que han sobrevivido en la memoria colectiva y que la historia, en cuanto disciplina, no puede afirmar, e incluso puede llegar a negar.

La primera de ellas señala que, debido a la epidemia y a la alta mortalidad, una parte significativa de la población emigró del sur al norte de la ciudad. A partir de entonces, la zona norte se habría convertido en un lugar exclusivo de las elites, reconfigurando la distribución espacial y demográfica de la ciudad, nada menos. Sin embargo, no existe evidencia empírica suficiente como para ratificar esta afirmación desde un punto de vista histórico; todo indica más bien que el patrón de distribución poblacional no cambió.

Carolina Maglioni y Fernando Stratta han demostrado que la fractura entre el norte y el sur de la ciudad no ocurrió por la epidemia, así como tampoco ocurrió un 'shock demográfico', es decir, un descenso dramático en las tasas de natalidad prolongado en el tiempo. En realidad, hacia 1872 y los años inmediatamente posteriores, los patrones de mortalidad y natalidad parecen recuperarse sin grandes cambios. Adrian Gorelik también afirma que la explicación 'higienista' de la mudanza de las clases altas al norte de la ciudad es recurrente pero al mismo tiempo falsa. Para Gorelik, estos 'significados sutiles del linaje domiciliar', esta 'reterritorialización de los prestigios', son un movimiento del que participan pocos entendidos, y tiene lugar en las décadas de 1880 y 1890. Esto sucede paralelamente a la masificación de los nuevos procesos de ocupación urbana, un proceso conflictivo en el que las elites verán diluirse su protagonismo histórico en el nuevo escenario de la inmigración ultramarina de carácter masivo.

La segunda imagen a revisar es aquella que liga a la epidemia con el descenso demográfico de la población afroamericana. Esta dinámica habría supuesto la desaparición del componente afroamericano, produciéndose así una suerte de 'blanqueamiento' poblacional. Maglioni y Stratta nos muestran, nuevamente, que los patrones de inmigración continuaron con sus cifras previas a 1871. No obstante, es preciso prestar atención a Hernán Otero y Claudia Daniel, abocados a estudiar la conformación del 'pensamiento censal' (en palabras de Otero), es decir, cómo se formó una profesión dedicada a la estadística y el registro de las características de sus habitantes. Esta actividad no se preocupaba por establecer un registro específico de la población afroporteña, por lo cual los registros de la época no lo contemplan, haciendo casi imposible identificar a este grupo étnico en particular en los registros. El concepto de población definido para esos años no incluía información sobre la población indígena ni cualquier referencia a diversidades étnicas. De manera que, en otras palabras, es difícil asegurar que la población afroporteña haya desaparecido 'por la epidemia'. En el mejor de los casos, solo podemos asegurar que no hay registros de este grupo y que por ello no podemos afirmar necesariamente un cambio demográfico de ese impacto.

La revisión de ambos supuestos no proviene solamente de la necesidad de contextualizarlos, sino también de presentarlos como dos ejemplos paradigmáticos de memorias muy activas disociadas de la evidencia histórica, ancladas en otros registros, fundamentalmente en la memoria oral. Para analizar estas memorias, son interesantes los escritos de Michael Pollak sobre memoria e historia, ya que nos ayudan a dimensionar mejor este proceso tan particular que ocurre con la fiebre amari-



Un episodio de la fiebre amarilla en Buenos Aires
Juan Manuel Blanes. Óleo sobre tela, 230 x 180cm, 1871.
Museo Nacional de Artes Visuales, Montevideo (tapa de este número).

Monumento a los caídos combatiendo la fiebre amarilla, ubicado en el parque Ameghino (ciudad de Buenos Aires). Nótese que debajo de la estatua que corona el monumento se replica en bajorrelieve el cuadro del artista Juan Manuel Blanes *Un episodio de la fiebre amarilla en Buenos Aires*.

lla. Pollak indica que identidad, memoria y experiencia son tres categorías interrelacionadas. Así, las experiencias límite son grandes momentos en los cuales forjar recuerdos, y estas experiencias pueden volverse memorias públicas si se dan algunas condiciones. Además, para el caso que nos convoca, la epidemia opera de una manera muy particular para definir la historia y la identidad de la ciudad de Buenos Aires. Por los vínculos que conocemos entre la ciudad y la Nación, esta operación no solo contribuye a crear identidad para los porteños sino también sumarse a los discursos sobre la nacionalidad argentina. Pollak también utiliza el concepto de 'trabajo de encuadramiento de la memoria', es decir, la conformación de una memoria específica, que selecciona eventos y actores, prioriza discursos y los reproduce a lo largo del tiempo.

Respecto de la migración del norte al sur y la desaparición de los afroporteños, en general ambos supuestos aparecen en el registro oral pero no tanto en el escrito. Surge así una memoria colectiva, transmitida de boca en boca, que tiene, por momentos, casi tanta fuerza como la memoria institucionalizada en escritos e investigaciones, creada por los historiadores. Esta memoria de boca en boca se encuentra, por ejemplo, en los guías turísticos, periodistas, libreros, divulgadores de historia e incluso en historiadores. En todos los casos parecen originarse en recuerdos individuales que recuperan esas experiencias pero que surgen desde lo subterráneo para proponerse institucionalizados en el marco difuso de la memoria oral, sin plan previo.

¿Por qué, entonces, nuestros dos ejemplos consiguen sobrevivir a los libros y a las investigaciones? Pueden pensarse dos aspectos. En primer lugar, los cementerios de la ciudad cumplen una parte importante en la construcción de este fenómeno de memoria colectiva. Funcionan como 'monumentos testigo' de estos cambios, ayudando a crear esta distorsión con la evidencia histórica. Chacarita es el cementerio que se alimentó de miles de cadáveres de la epidemia. Al menos esa es la forma en que usualmente se lo recuerda porque fue inaugurado durante la epidemia para dar entierro a los caídos por la fiebre. Sin embargo, el cementerio fue abierto casi en la mitad de la epidemia, y muchos de los muertos (casi la mitad) estaban enterrados en un cementerio hoy olvidado: el cementerio del Sud, ubicado en el actual parque Ameghino. También lo es el cementerio de Recoleta, ya que su ubicación en el norte de la ciudad parece marcar un espacio cardinal específico, caracterizado por el consumo conspicuo y por ser residencia de grandes nombres y familias de la ciudad. Así, la Recoleta en el norte

y la Chacarita en el oeste parecen ser evidencia de una transformación espacial de la ciudad, evidencia tangible y concreta del saldo que dejó la fiebre amarilla en nuestra ciudad. No obstante, ni Chacarita ni Recoleta eran lo que son hoy para 1871. El actual parque Los Andes, contiguo al cementerio de Chacarita, fue el destino inicial de los cadáveres de la fiebre. Para 1871, Recoleta era un cementerio buscado por las familias conspicuas pero también por cualquier otro habitante que quisiera que sus huesos descansaran en el cementerio más viejo de la ciudad (fue fundado en 1820). De manera que la historia de la ciudad y los 'monumentos testigos' como Chacarita y Recoleta ayudan a crear estas representaciones de 'un antes y un después' producidos por la epidemia de 1871.

Por otra parte, existe una identidad de la ciudad de Buenos Aires que se cruza con un período muy particular: las décadas de 1860-1870. Estas décadas tienen la particularidad de ser un escenario muy activo en materia de cambios institucionales, políticos y sociales, pero aún no habían acontecido dos fenómenos decisivos: la federalización de Buenos Aires y el intenso ciclo migratorio italiano y español. Ambos factores (federalización e inmigración masiva) suelen dejar con un tono opaco y difuso los años previos a 1880, y creo que inciden en esta particular forma de recordar la fiebre amarilla de 1871.

De esta manera, es posible que el año 1871 simplemente no encaje en esta imagen y se le otorguen características que nunca tuvo. Se le modifican patrones de asentamiento y se cambia la composición social y étnica de los habitantes, preparando así el terreno para los grandes cambios que sí ocurrieron entre 1880 y 1910. Los monumentos son también decisivos para traccionar y condensar memoria. Hemos visto que los cementerios de la ciudad funcionan en este registro, más que el monumento erigido en el parque Ameghino, creado para homenajear a los que combatieron la fiebre de 1871. Un último monumento, inesperado quizá, opera en ese sentido. Nos referimos al cuadro de Juan Manuel Blanes, creado durante los meses de la epidemia, catalogado y definido como obra de un realismo tal que 'la imagen desaparece y estamos en esa habitación'.

Quizá de esto se trate la relación entre historia y memoria de una epidemia: la historia indagando el pasado con metodología y rigor científicos, y la memoria completando y afirmando valores que nuestra sociedad necesita para darle sentido al presente. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ARMUS D, 2007, *La ciudad impura: salud, tuberculosis y cultura en Buenos Aires, 1870-1950*, Edhasa, Buenos Aires.

FIQUEPRON M, 2020, *Morir en las grandes pestes: las epidemias de cólera y fiebre amarilla en la Buenos Aires del siglo XIX*, Siglo XXI-Asociación Argentina de Investigadores en Historia, Buenos Aires.

GORELIK A, 2010, *La grilla y el parque: espacio público y cultura urbana en Buenos Aires 1887-1936*, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal.

MAGLIONI C Y F STRATTA, 2009, 'Impresiones profundas: una mirada sobre la epidemia de fiebre amarilla en Buenos Aires', *Población de Buenos Aires*, 6 (9): 7-19.

OTERO H, 2007, 'El concepto de población en el sistema estadístico nacional', en Torrado S (comp.), *Población y bienestar en la Argentina del primero al segundo centenario: una historia social del siglo XX*, Edhasa, Buenos Aires.

POLLAK M, 2006, *Memoria, olvido, silencio: la producción social de identidades frente a situaciones límite*, Al Margen, La Plata.

Maximiliano R Fiquepron

Doctor en ciencias sociales, Instituto de Desarrollo Económico y Social, Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS).
Docente en la UNGS y en la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ).
Investigador asistente del Conicet.
fiquepronmaximiliano@gmail.com

Claudio E Pandolfo y Mónica Poverene
CERZOS-UNS/Conicet

Hacia rutas salvajes

Transgenes en poblaciones silvestres de plantas

Cuando los transgenes vagan, ¿debemos preocuparnos?

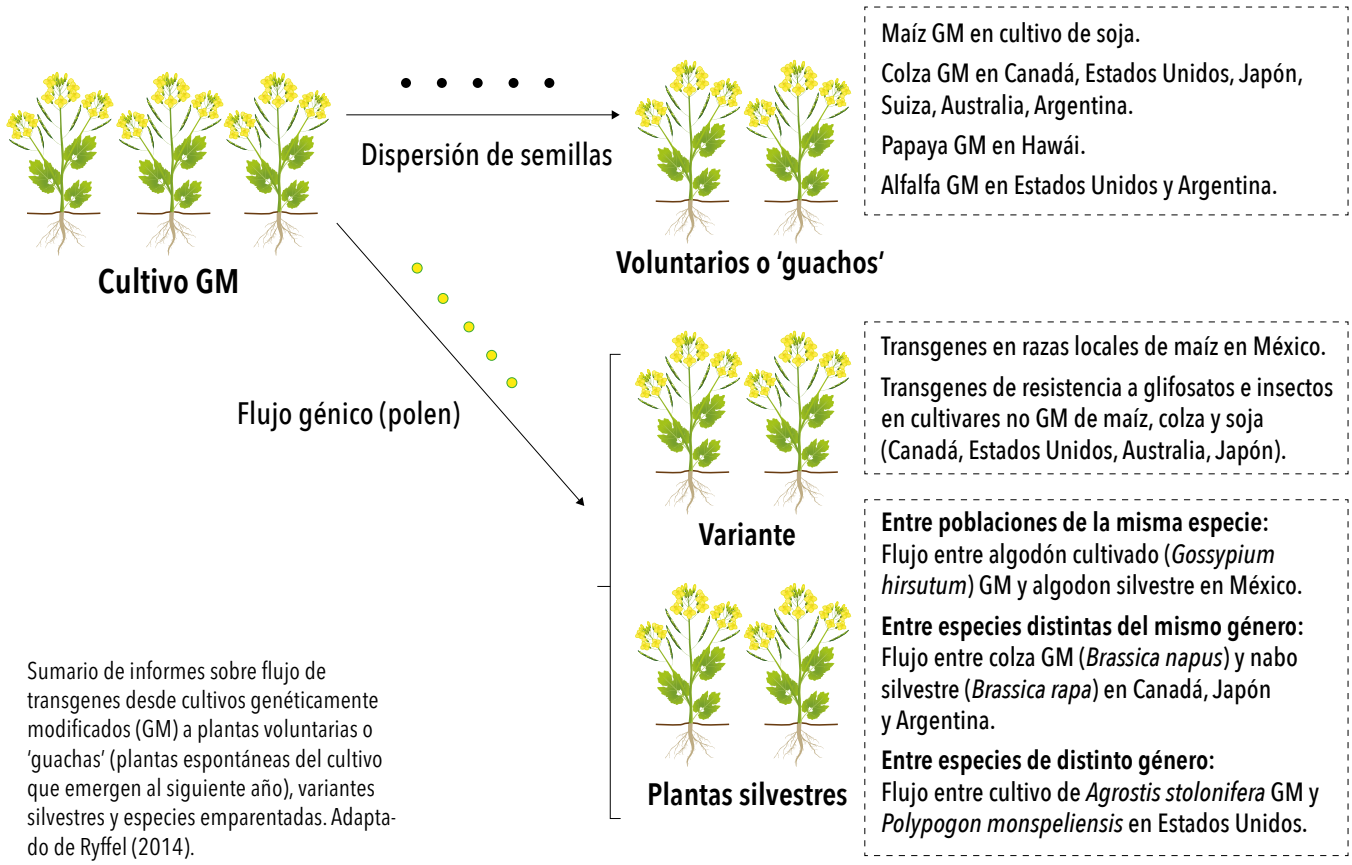
Esta pregunta fue planteada hace dos décadas por Norman Ellstrand, reconocido científico de la Universidad de California en Estados Unidos, escritor e investigador de la evolución y el flujo génico en especies vegetales. Hoy, con información nueva y experiencia local, intentaremos responderla.

Los cultivos transgénicos o genéticamente modificados (GM) se comenzaron a adoptar hace 25 años. Durante este período su superficie creció 112 veces, desde menos de 2 millones de hectáreas (Mha) en 1996 hasta 190Mha en 2019. En la actualidad 29 países siembran cultivos genéticamente modificados, pero en cinco se concentra el 91% del área global sembrada con estos cultivos, tres de ellos en vías de desarrollo (Brasil con 52,8Mha, Argentina con 24Mha y la India con 11,9Mha) y dos industrializados (Estados Unidos de América con 71,5Mha y Canadá con 12,5Mha). Entre los cultivos, la soja transgénica corresponde al 50% de la superficie total sembrada y le siguen en importancia el maíz, el algodón y la colza. También existen variedades transgénicas de alfalfa, remolacha azucarera, papaya, zapallo, berenjena y papa.

Las inserciones de genes particulares en el genoma de una planta o eventos de transformación genética más comercializados durante años fueron aquellos que conferían resistencia a herbicidas. Estos corresponden en la actualidad al 43% de la superficie sembrada con cultivos genéticamente modificados. En los últimos años, la tecnología con mayor crecimiento es la que involucra cultivares con eventos apilados (es decir, con más de una

¿DE QUÉ SE TRATA?

Los cultivos transgénicos transmiten los eventos de transformación (transgenes) del mismo modo que sus propios genes y pueden afectar el agroecosistema.



Sumario de informes sobre flujo de transgenes desde cultivos genéticamente modificados (GM) a plantas voluntarias o 'guachas' (plantas espontáneas del cultivo que emergen al siguiente año), variantes silvestres y especies emparentadas. Adaptado de Ryffel (2014).

inserción genética), en especial para lograr resistencia a herbicidas y a insectos y que, en la actualidad, cubren el 45% de la superficie sembrada con cultivos genéticamente modificados.

El flujo génico es el proceso de incorporación de genes de una población dentro del acervo genético de otra y ocurre entre individuos formalmente considerados de la misma especie o entre especies relacionadas. Este proceso puede darse por movimiento de individuos (como en la mayoría de los animales, o por las semillas en las plantas) o por el movimiento de gametos (mediante el polen). El intercambio genético entre cultivos y especies silvestres es un fenómeno ampliamente reconocido en plantas y se sabe que ha sucedido por siglos, desde los comienzos mismos de la agricultura. La mayor parte de los cultivos de importancia para la humanidad pueden reproducirse con una o más especies silvestres emparentadas. Esto ha tenido diversas consecuencias para las poblaciones silvestres y los ecosistemas.

Esto significa que nuevos genes introducidos mediante las técnicas de transgénesis podrían dispersarse a poblaciones silvestres y estas adquirir nuevas características como resistencia a insectos, a enfermedades, a herbicidas o estreses abióticos. Ello podría aumentar la agresividad de estas malezas y dificultar su control. Además, el movimiento de transgenes con efectos perjudiciales hacia poblaciones silvestres podría reducir su aptitud biológica (la capacidad para reproducirse y dejar descendencia) y conducir a su extinción. Además, las plantas transgénicas con resistencia a insectos y sus híbridos podrían ser dañinos para los organismos consumidores, como insectos benéficos y sus predadores.

El flujo génico mediado por polen y la introducción exitosa de nuevos caracteres en una nueva población dependen de la coincidencia geográfica de los cultivos con sus parientes silvestres, de su compatibilidad sexual y tasa de hibridación. Las especies deben tener períodos de floración coincidentes, compartir polinizadores y encontrarse en un rango de dispersión de polen viable. Además, deben producirse híbridos fértiles y el gen debe transmitirse por sucesivos eventos de cruzamiento hasta estabilizarse en la especie silvestre. Aunque la posibilidad de ocurrencia de estos eventos es real, la probabilidad es generalmente baja y variable con las especies y las circunstancias.

A pesar de ello, las evidencias acumuladas en los últimos años han demostrado que el flujo génico es más común de lo que se suponía. Se han descripto numerosos casos de hibridación entre cultivos genéticamente modificados y poblaciones silvestres o asilvestradas, y se ha comprobado la persistencia de genes del cultivo en las poblaciones silvestres por décadas. En ocasiones, el flujo génico acarreó consecuencias claramente negativas. La hibridación entre cultivos y especies silvestres o asilvestradas condujo a la aparición de malezas con mayor agresividad.

Los efectos negativos del flujo génico han sido demostrados para cultivos tradicionales. Algunos investiga-

dores afirman que este riesgo no sería distinto para cultivos transgénicos y que los efectos dependerán en parte del fenotipo de estos y de su efecto en las poblaciones silvestres. Justamente, los cultivares transgénicos más difundidos en el mundo pueden darles a las malezas con que se crucen una clara ventaja adaptativa en los sistemas agrícolas.

Los ejemplos de escapes de transgenes son cada vez más comunes. Se han identificado individuos transgénicos en más de mil poblaciones naturales. Algunas emergen al siguiente año como plantas 'guachas' o espontáneas –voluntarios transitorios–, mientras que otras parecen ser poblaciones transgénicas persistentes. Las especies involucradas en este último caso no son representativas de todos los cultivos transgénicos comercializados actualmente en su conjunto; tienden a compartir ciertos rasgos que están ausentes o son raros en algunos cultivos tradicionales, es por esto que el riesgo no es igual para todos ellos. Uno de estos casos en particular nos toca de cerca en nuestro país.

El caso de la colza transgénica en Argentina

Entre las especies oleaginosas de mayor relevancia mundial, la colza (*Brassica napus* L.) se destaca por su elevada participación en la producción mundial de aceites comestibles. Según estimaciones del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, en 2020 se cosecharon cerca de 70 millones de toneladas de colza, sobre una superficie de 34Mha sembradas en todo el mundo. El aceite de colza es el tercero en importancia mundial, luego del de palma y soja. Los principales productores de colza a nivel mundial son Canadá, Estados Unidos, la Unión Europea y China. En nuestro país es un cultivo poco difundido, que no ha superado las 20.000ha en las últimas campañas.

La colza es una de las seis especies cultivadas que pertenecen al género *Brassica*, todas anuales, de polinización entomófila y anemófila (a través de insectos y el viento),

Cultivo de colza (en la imagen, a la derecha del camino), en floración simultánea con una población de nabo silvestre (izquierda) sobre los bordes de un lote agrícola en el partido de Balcarce, provincia de Buenos Aires, durante la primavera de 2008.

Plantas voluntarias o 'guachas' de colza transgénica creciendo dentro de un lote de soja resistente a glifosato, en el partido de Gonzales Chaves, provincia de Buenos Aires, durante la primavera de 2012.

con reproducción sexual y que se propagan mediante semillas. *B. napus*, un híbrido natural entre la col o repollo (*B. oleracea* L.) y el nabo (*B. rapa* L.), se originó probablemente en el Mediterráneo, donde convivían ambas especies. La ausencia de poblaciones de *B. napus* silvestres apoya la teoría del origen en ambientes cultivados.

En la flora natural de la Argentina existen registrados 68 géneros de la familia de la colza (Brassicaceae), 33 nativos y 35 adventicios. Entre las especies adventicias, 29 de 65 son consideradas malezas, incluyendo tres especies del género *Brassica*, todas sexualmente compatibles con *B. napus*. Entre las especies de *Brassica* cultivadas, en nuestro país se siembran de forma extensiva solo *B. napus* y *B. carinata*, como fuente de aceite y, de forma intensiva, *B. rapa* (nabo) y *B. oleracea* (coles y repollos).

La colza se cultiva solo desde el siglo XV, por lo que su domesticación es muy reciente. A partir de la Revolución industrial, se reconoció al aceite de *B. napus* como un excelente lubricante, lo cual produjo un fuerte incremento del área del cultivo. En la segunda mitad del siglo XX, Canadá inició un destacado proceso de mejoramiento con el objetivo de que el aceite de colza fuera apto para el consumo humano y animal. Este uso estaba originalmente limitado por la elevada concentración de dos compuestos tóxicos: ácido erúcico en el aceite y glucosinolatos en la harina de extracción. La reducción de ambos compuestos mediante mejoramiento tradicional dio origen a las variedades identificadas con el nombre comercial 'canola' (por su sigla en inglés, *Canadian Oil Low Acid*).

El sostenido mejoramiento de la colza continuó durante la década de 1990 con el avance de nuevas tecnologías para el cultivo. Entre estas, se destaca la aplicación de biotecnología en el desarrollo de variedades genéticamente modificadas que incorporaron genes de resistencia a herbicidas. Los eventos transgénicos registrados incluyen resistencia a glifosato, glufosinato y bromoxinil. Las variedades resistentes a glifosato son actualmente cultivadas en Canadá, Estados Unidos, Australia, Japón y Chile (en este último caso, solo para exportación de semilla). También existen variedades con resistencia a un grupo de herbicidas inhibidores de una enzima clave en la síntesis proteica (enzima AHAS), comercializadas bajo la marca registrada Clearfield o CL, y fueron obtenidas mediante mejoramiento convencional, es decir que no son transgénicas.

A pesar de que no existen poblaciones silvestres de *B. napus*, suelen producirse escapes de plantas de los cultivos que forman poblaciones persistentes. Debido a la marcada dehiscencia (apertura espontánea) de los frutos, las semillas de colza se pierden antes o durante la cosecha y quedan en el suelo. También existe dispersión de propágulos hacia regiones distantes por el tráfico de maquinaria agrícola y pérdidas durante el transporte, esto último potenciado por el pequeño tamaño de la semilla. Estas poblaciones asilvestradas que persisten en el tiempo, sin la intervención del ser humano, se conocen como *ferales* (del latín *fera*, fiera o bestia salvaje).

En regiones donde el cultivo de colza transgénica está autorizado, como en Canadá y Estados Unidos, se ha registrado la presencia de plantas espontáneas y poblaciones ferales de colza genéticamente modificadas. Este fenómeno también se observó en regiones donde su cultivo no estaba autorizado en el momento, como en Bélgica, Suiza y Japón (país en el cual, luego del descubrimiento de poblaciones ferales transgénicas, se habilitó el cultivo de colza GM). En estos países se encontraron en zonas portuarias, caminos y vías férreas, posiblemente debido a la dispersión de semillas por el manipuleo y transporte de granos importados.

En Canadá se comprobó que el flujo génico entre cultivares de colza con distintos tipos de resistencia a herbicidas generó poblaciones ferales con resistencias acumuladas, es decir, con resistencia a distintos herbicidas en el mismo individuo. Un caso extremo fue el hallazgo de plantas ferales con tres resistencias distintas acumuladas: a glifosato, a glufosinato y a herbicidas AHAS.

En nuestro país el cultivo de variedades de colza transgénica está prohibido debido a la presencia de poblaciones naturales con las cuales puede establecerse flujo génico. En 1996, una evaluación de las posibles consecuencias del flujo génico entre colza genéticamente modificada y sus parientes silvestres realizada por la Comisión Nacional de Biotecnología (CONABIA) llevó a la Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación a denegar la solicitud de ensayo a campo con colza resisten-

Lote agrícola del partido de Necochea, provincia de Buenos Aires, totalmente invadido por plantas de nabo silvestre con el transgén de resistencia a glifosato, en 2014.

te a glifosato destinada a producción de semilla para ser reexportada a Canadá (resolución 228 del 11 de abril de 1997). Esta resolución fue ratificada por el Servicio Nacional de Sanidad Ambiental (SENASA) en 2007, mediante la resolución 305 que prohíbe la importación de colza portadora de eventos transgénicos para su producción y comercialización en la Argentina.

Sin embargo, en la primavera de 2012 se detectaron poblaciones de colza que no podían ser controladas con glifosato en lotes agrícolas del sureste de la provincia de Buenos Aires sin registro de cultivo de colza. Debido a la prohibición en el país de variedades con resistencia transgénica a glifosato, la presencia y pertenencia taxonómica de estas poblaciones resultaban dudosos. El grupo de investigación de las cátedras de Producción Vegetal Extensiva y Genética Básica y Aplicada, del Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur (UNS) y del Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS-Conicet), determinó que esas poblaciones correspondían a plantas ferales de colza con resistencia transgénica a glifosato. La presencia del transgén fue confirmada mediante test inmunológico y marcadores moleculares.

Este descubrimiento sugiere que la resistencia a glifosato podría provenir de cultivos de colza transgénica realizados de manera ilegal en el país o de individuos ingresados como contaminantes de semilla importada antes de 2007, año a partir del cual se solicita análisis probatorio de ausencia de material genéticamente modificado. Los productores y profesionales consultados adjudicaron la aparición y dispersión de la población al ingreso de maquinaria de cosecha contratada dentro del lote, proveniente de otras zonas de la provincia. Las poblaciones ferales de colza halladas en otras partes del mundo aparecen frecuentemente en ambientes ruderales, en lugares con intenso cultivo de colza. En nuestro país las plantas transgénicas fueron detectadas en ambientes típicamente agrícolas, actuando como malezas y moviéndose varios kilómetros.

La resistencia a herbicidas de estas poblaciones ferales les confirió una ventaja clara en sistemas agrícolas basados en el empleo intensivo de glifosato. Este hecho provocó la preocupación por el potencial de hibridación de esas poblaciones de colza con especies silvestres emparentadas, algunas ampliamente distribuidas en la zona donde fueron encontradas.

Un panorama más complejo: el nabo silvestre transgénico

Una de las especies con la cual la colza puede hibridarse con relativa facilidad es el nabo o *Brassica rapa* que, en su forma silvestre, es una maleza altamente invasora de cultivos en todo el mundo. Esta especie, emparentada con la colza y de la cual se originaron las variedades de nabo alimenticio, ha sido cultivada desde hace siglos como hortícola u oleaginosa. En regiones templadas de Sudamérica y en especial en la región pampeana argentina, el nabo es una maleza agresiva. En nuestro país su importancia como maleza de cultivos es reconocida desde la década del 1930, época en la cual su abundancia era tal que se comenzó a dar uso a la especie, cosechando las poblaciones naturales para la producción de aceite industrial.

En las mismas zonas del mundo donde se han encontrado poblaciones ferales de colza transgénica también se comprobó la presencia de híbridos con el nabo silvestre *B. rapa*, y la transferencia del transgén de resistencia a glifosato. En Canadá, híbridos entre colza transgénica y nabo fueron detectados en distintas localidades. Esas poblaciones han sido monitoreadas y el transgén parece disminuir en frecuencia, aunque su persistencia fue confirmada por más de seis años. De la misma forma, pero con distribución más limitada, se hallaron algunas plantas híbridas entre colza feral transgénica y nabo, a la vera de rutas y caminos en Japón.

Luego del hallazgo de poblaciones ferales de colza con resistencia transgénica a glifosato en la provincia de Buenos Aires, nuestro grupo de investigación constató en el verano de 2012 la existencia de poblaciones de nabo silvestre resistente a glifosato en la misma zona y que dicha resistencia era de origen transgénico. La presencia del transgén fue comprobada, al igual que en las poblaciones de colza, mediante la utilización de un test inmunológico que detecta la presencia de la proteína transgénica, y confirmada mediante un marcador molecular específico para el evento GT73, diseñado por la empresa Monsanto (registrante del evento). Además, algunas poblaciones presentaron resistencia al grupo de herbicidas inhibidores de la enzima AHAS. La presencia de resistencia múltiple a herbicidas de distinto modo de acción en estas poblaciones involucraría al menos dos eventos de hibridación: uno con alguna de las plantas ferales transgénicas de colza halladas en la región y otro con algún cultivar con resistencia a herbicidas AHAS. Los cultivares Clearfield comenzaron a comercializarse en el país en 2013, y su distribución es muy acotada, lo mismo que el cultivo de colza. Dado el pequeño tamaño de las semillas, no puede descartarse la posibilidad de mezclas con escasa cantidad de semilla de variedades transgénicas durante el proceso de almacenado o acondicionado, lo cual se conoce como 'contaminación' de lotes de semilla importada. Casi la totalidad de la semilla de colza sembrada en la Argentina es importada desde los principales centros de mejoramiento del cultivo del mundo, incluyendo países como Canadá, Australia y Estados Unidos donde

Izquierda. Población de nabo, a la vera de la ruta provincial 86, provincia de Buenos Aires, en un ambiente ruderal, detectada en 2015. **Derecha.** Test inmunológico positivo para la presencia del transgén de resistencia a glifosato en la misma población.

la siembra de cultivares transgénicos a gran escala está permitida.

La presencia de poblaciones naturales de nabo con resistencia transgénica a glifosato y a herbicidas AHAS en la Argentina presenta un panorama complejo que involucra aspectos de impacto ambiental. Este caso se suma a los ya mencionados en Canadá y Japón. El caso de la Argentina presenta características particulares, debido a que la dispersión de estas poblaciones en nuestro país ya es generalizada en el sureste de la provincia de Buenos Aires. La Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID) ha elaborado mapas de distribución de malezas resistentes en nuestro país. En ellos se observa la presencia en 2019 de nabo resistente a glifosato en 23 partidos de la provincia de Buenos Aires (principalmente en el sureste y suroeste), tres del sur de Santa Fe y uno de Córdoba, y sospechas de presencia en provincias tan alejadas como Salta, Chaco o Entre Ríos. Se calcula una superficie afectada de 1,1Mha.

Izquierda. Detalle de la inflorescencia de una planta de nabo silvestre, *Brassica rapa*.
Abajo. Lote de trigo con alta invasión de nabo transgénico en el partido de Dorrego, provincia de Buenos Aires, durante 2021.

Planta de nabo transgénico creciendo a la vera de las vías del ferrocarril, en los alrededores de Bahía Blanca, en 2020. Las semillas de nabo fueron dispersadas por el medio de transporte junto con semillas de trigo.

Productores y asesores de la zona del sureste bonaerense afirman que han detectado la presencia de nabo resistente a herbicida en más del 10% de los lotes agrícolas de la región. Esto conlleva un evidente impacto económico y ambiental, derivado de la necesidad de aumentar las aplicaciones de herbicidas para el control de estas poblaciones.

La persistencia del transgén en ambientes agrícolas fue confirmada por al menos diez años en una población de *B. rapa* en la Argentina. Además, se observó la dispersión de las plantas transgénicas por varios kilómetros desde el lugar de la primera detección, incluso hacia hábitats ruderales, con menos intervención humana y presión de herbicida. En estos entornos, la persistencia de los biotipos dependerá de la aptitud biológica (*fitness*) de estas plantas. Sobre la base de resultados obtenidos por nuestro grupo de investigación, la presencia del transgén no disminuye la aptitud biológica de estas poblaciones y su dispersión en ambientes ruderales no se vería limitada.

Un pensamiento final

Toda producción humana implica algún grado de impacto ambiental. De la misma forma, ninguna producción está exenta de riesgos y el cultivo de variedades vegetales transgénicas no es la excepción. Reconocer este hecho y proceder en consecuencia es una de las claves para minimizar cualquier impacto derivado de esta tecnología. Así como el conocimiento y la investigación han permitido el desarrollo de estos cultivos que están cambiando la forma de producir y consumir alimentos de millones de personas, los mismos conocimientos deben ser puestos en pos de asegurar que sean seguros para la humanidad y el ambiente. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ELLSTRAND NC, 2018, 'Born to run? Not necessarily: Species and trait bias in persistent free-living transgenic plants', *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 6: 88.

PANDOLFO CE *et al.*, 2016, 'Transgenic glyphosate-resistant oilseed rape (*Brassica napus*) as an invasive weed in Argentina: Detection, characterization, and control alternatives', *Environmental Science and Pollution Research*, 23: 24081-24091.

PANDOLFO CE *et al.*, 2018, 'Transgene escape and persistence in an agroecosystem: The case of glyphosate resistant *Brassica rapa* L. in central Argentina', *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 6251-6264.

POVERENE M Y CANTAMUTTO M, 2003, 'Impacto ambiental de los cultivos transgénicos', Ciencia Hoy, 13 (75): 26-37.

RYFFEL GU, 2014, 'Transgene flow: Facts, speculations and possible countermeasures', *GM Crops Food*, 5: 249-258.

Claudio E Pandolfo

Doctor en agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS).
Investigador asistente del Conicet.
Profesor adjunto en la cátedra de Producción Vegetal Extensiva, Departamento de Agronomía, UNS.
claudio.pandolfo@uns.edu.ar

Mónica Poverene

Doctora en agronomía, UNS.
Investigadora independiente del Conicet.
Profesora titular en la cátedra de Genética Básica y Aplicada, Departamento de Agronomía, UNS (jubilada).
poverene@criba.edu.ar

Gerardo Tripolone
UNSJ-Conicet

El derecho constitucional luego de veinte años de guerra contra el terrorismo

El mundo cambió aquel martes 11 de septiembre de 2001. Así como el tablero estratégico, militar, de política interna e internacional, se sacudió irremediablemente, también lo hizo el derecho internacional. Se consolidó la idea de legítima defensa preventiva y se flexibilizaron los límites a las intervenciones armadas y al principio de soberanía estatal. En la guerra contra el terrorismo, algunas cláusulas del derecho internacional humanitario se suspendieron *de facto*.

Lo propio sucedió con el derecho constitucional. Estados Unidos no enmendó su Constitución, ni tampoco lo hicieron los países europeos motivados por la guerra contra el terrorismo. Francia fue quien estuvo más cerca en 2016 con el proyecto impulsado por el presidente François Hollande para restringir la ciudadanía a terroristas y dictar medidas de excepción. Aunque el recuerdo de los atentados de enero y noviembre de 2015 estaba muy presente, la idea no prosperó.

Esto no implica que el derecho constitucional no haya mutado. Decisiones de los poderes ejecutivos, leyes de los parlamentos y jurisprudencia de las cortes de justicia cambiaron las reglas constitucionales y ampliaron los límites de los poderes estatales de intervención sobre los derechos individuales, además de reconocer la excepción como una posibilidad cada vez más permanente. La guerra contra el terrorismo quebró, en muchos aspectos, la dinámica del derecho: la posibilidad de convertir en regla la excepción, al menos para ciertos grupos de personas, está más presente que nunca.

¿DE QUÉ SE TRATA?

Las consecuencias políticas, sociales y económicas de los atentados del 11 de septiembre de 2001 marcaron el comienzo y el fin de una era. En el derecho constitucional sucedió lo propio. La guerra contra el terrorismo convirtió en regla la excepción, al menos para ciertos grupos de personas. Su impacto perdura hasta nuestros días.

Un derecho nuevo para una nueva guerra

Tras los atentados del 11 de septiembre, Occidente vivió en un estado de excepción permanente justificado por la amenaza terrorista. En los Estados Unidos, esto implicó la suspensión de ciertas garantías constitucionales para ciertas personas. La ley más conocida fue la llamada Patriot Act, aprobada poco después de los atentados. El Estado federal denegaba el hábeas corpus a sospechosos de terrorismo, promovía y permitía detenciones sin orden judicial y el aislamiento indefinido de acusados, violentaba la defensa en juicio prohibiendo contacto con abogados, interceptaba comunicaciones telefónicas y electrónicas sin orden judicial, avalaba y defendía las *enhanced interrogation techniques*, cuya traducción podría ser 'técnicas de interrogatorio mejoradas', pero que constituye un eufemismo para referirse a la tortura.

Los arquitectos legales más importantes de estas innovaciones fueron John Yoo (desde el Departamento de Justicia liderado por John Ashcroft), David Addington (como asesor del vicepresidente Dick Cheney), William J Haynes II (desde el Departamento de Defensa comandado por Donald Rumsfeld), Alberto R Gonzales (como asesor legal de George W. Bush), William Howard Taft IV (del Departamento de Estado comandado por Colin Powell), John B Bellinger III (del Consejo de Seguridad Nacional liderado por Condoleezza Rice). Más allá de las divergencias de criterio que existían entre ellos, sobre todo entre la visión del Pentágono y del Departamento de Estado, juntos construyeron un marco legal de excepción que todavía no ha sido desmontado.

Todas las medidas se justificaban por las urgencias de una 'guerra de nuevo tipo'. Siempre fue difícil precisar qué es el terrorismo. Alex Bellamy lo define como el ataque deliberado a civiles no combatientes con fines políticos, algo que puede ser perpetrado tanto por agentes estatales como no estatales. El terrorismo aspira a lograr sus objetivos políticos sembrando miedo en la población civil. Hasta el 11S, en líneas generales, se entendía el terrorismo como un delito muy grave que debía ser perseguido por la policía y juzgado por los tribunales de justicia. Con el recuerdo de las Torres Gemelas implosionando, el concepto de guerra mutó hasta consolidar la idea según la cual un acto terrorista podía considerarse un acto de guerra y la respuesta estatal se enmarcaba también en una guerra.

El título de uno de los libros de John Yoo es, justamente, *War by Others Means*. Los apologistas más radicales de la estrategia de Bush (h) consideraban que la guerra era contra *el terrorismo* en general, no solo contra Al Qaeda, lo cual legitimaba aspirar a objetivos globales y tomar cualquier medida necesaria que apuntara a ese fin.

John Yoo, autor del 'memorándum sobre tortura' que justificaba las 'técnicas de interrogatorio mejoradas'. Wikipedia

Esto justificaba que ciertos aspectos del derecho constitucional debieran suspenderse para mantener seguro al país. Como sostuvo Michael Ignatieff, la guerra contra el terrorismo implicó apelar a la 'ética del mal menor'. El mal menor era, en este caso, la suspensión de garantías constitucionales; el mal mayor, naturalmente, era que el terrorismo destruyera el sistema democrático.

La neutralidad imposible

Es conocida la frase de George W Bush luego de los atentados: 'Toda nación, en cualquier región, tiene que tomar una decisión: o está con nosotros o está con los terroristas'. La neutralidad en el combate contra el terrorismo era imposible. Franklin Graham, hijo del influyente pastor norteamericano Billy Graham, habló de una guerra 'entre los cristianos y las fuerzas del mal', sosteniendo que 'el último terrorista es Satán'. ¿Quién querría estar del lado de Satán?

El gobierno norteamericano presionó al gobierno argentino para que cooperara en 'la guerra contra el terrorismo' (*Clarín*, 12/7/2002). La Argentina recibió el pedido formalizado de la ONU para participar en la guerra de Afganistán, pero no envió tropas, a diferencia de otros países latinoamericanos como El Salvador. Sin embargo, a principios de 2003, Estados Unidos elogió el 'permanente y fuerte respaldo' de la Argentina en la guerra contra el terrorismo (*La Nación*, 30/4/2008). Tal vez contra su voluntad, el país se había involucrado en la contienda.

La posición argentina fue inconstante. Durante la presidencia de Fernando de la Rúa, el país rechazó el involucramiento en el Plan Colombia de combate contra el narcotráfico (el narcotráfico era –y es– presentado como

otra forma de amenaza terrorista, lo cual explica la construcción del término 'narcoterrorismo'). Además, la gestión de la Alianza y los presidentes que le siguieron hasta Mauricio Macri no aceptaron la tesis central del Departamento de Estado con relación al terrorismo en el Cono Sur: la de la Triple Frontera.

La Triple Frontera es la zona que más ha preocupado a los Estados Unidos. Brigitte Nacos, de la Universidad de Columbia, afirma que, desde el punto de vista de los Estados Unidos, la Triple Frontera es la 'más explosiva' de las *brown areas*, esto es, de las zonas no controladas por algún Estado. Luego de los atentados a la Embajada de Israel y a la AMIA, la Triple Frontera se volvió especialmente trascendente para el Estado argentino debido a la alta concentración de inmigrantes musulmanes provenientes de Oriente Medio, sobre todo del Líbano, donde se desenvuelve la organización Hezbollah. Esto generó la sospecha de las autoridades de que allí podrían encontrarse vínculos con los responsables. Una vez lanzada la guerra global contra el terrorismo luego del 11S, la Triple Frontera resurgió como una zona periférica pero importante de la estrategia norteamericana. El investigador australiano David Kilcullen coloca a la Triple Frontera como un lugar potencial de 'refugio seguro y punto de origen de ataques terroristas e insurgentes'.

El 27 de septiembre de 2001, *The New York Times* publicó una nota que ocupaba toda la carilla acerca de la Triple Frontera y las sospechas de la Casa Blanca sobre vínculos entre los perpetradores del 9/11 y agentes en la zona (*The New York Times*, 27/9/2001). Según informaba Larry Rother, cuarenta efectivos del FBI buscaban pistas que enlazaran los atentados con miembros de las comunidades musulmanas de la región. Según el artículo, el argentino había sido el primero de los tres gobiernos en sospechar de la existencia de células terroristas en la Triple Frontera luego de los atentados en la Embajada de Israel y la AMIA. *The New York Times* citaba al exministro del Interior Carlos Corach, quien había afirmado que la zona era un 'santuario' para el crimen y el terrorismo.

El gabinete de Bush también consideró a la Triple Frontera como una amenaza. El tercer hombre fuerte del Pentágono, Douglas Feith, la enumeraba entre las zonas posibles para atacar en el subcontinente. Esto se reforzaba por el hallazgo en una base afgana de Al Qaeda de un mapa de la Triple Frontera.

Todas estas sospechas se materializaron jurídica y políticamente en la región. La Argentina, junto a Paraguay y Brasil, firmaron con Washington un convenio de cooperación para intercambiar información sobre la zona. Este convenio de 2002 posibilitó que los tres países estuvieran fuera de la mira de la Casa Blanca en el marco de la guerra contra el terrorismo. La ganancia de confianza fue sustancial, lo cual llevó a Joseph Napoli, máximo agregado militar en la Embajada norteamericana en Buenos Aires, a reconocer que la amenaza terrorista en Sudamérica había sido sobrevalorada.

Durante la presidencia de Mauricio Macri la Triple Frontera, y la amenaza terrorista en general, fue un foco de su política de seguridad. En 2018, el diario *Clarín* afirmó que '[la ministra de Seguridad Patricia] Bullrich señaló que los Estados Unidos buscan que la Argentina, que ha sufrido dos atentados en el pasado, extienda su visión sobre la peligrosidad del grupo a otros países de la zona como Brasil, que también es parte de la Triple Frontera. «Es para que ellos tengan una misma mirada», explicó [Bullrich]' (*Clarín*, 7/2/2018). El gobierno de Macri quería transformar a la Argentina en la avanzada sudamericana en la guerra contra el terrorismo promovida por Washington. Tanto es así que, como ha notado Juan G Tokatlian, de la Universidad Torcuato Di Tella, para Bullrich Buenos Aires debía convencer a Brasilia de adoptar la misma visión al respecto.

Iguassu News

Miembros del Ejército Argentino en el Operativo Integración en la frontera norte del país. Foto *Infobae*

El terrorismo y las Fuerzas Armadas

En sintonía con el pedido norteamericano de cooperación luego de los atentados a las Torres Gemelas y al Pentágono, el por entonces presidente Eduardo Duhalde promovió que las Fuerzas Armadas fueran capacitadas en el combate contra esta 'nueva amenaza'. Según la perspectiva desterritorializada del conflicto *global* contra el terrorismo, la lucha también era interna a las fronteras. Según la visión militarizada de una 'guerra', debía hacerse con las fuerzas militares.

Esto fue desactivado durante los tres períodos de gobierno kirchnerista (2003-2015). En principio, el decreto 727/06 firmado por Néstor Kirchner excluyó a las Fuerzas Armadas de cualquier preparación para combatir el terrorismo. Esto fue así más allá del apoyo en el combate del narcotráfico, sobre todo a partir de 2013. El instrumento militar solo estaría orientado a la preparación para defender al país de agresiones de fuerzas armadas de otros Estados. De esta forma se acotaba aún más la interpretación del concepto de 'agresión de origen externo' de la ley 23.554 de defensa nacional de 1988.

No obstante, la tendencia cambió durante la presidencia de Mauricio Macri (2015-2019). En su primera apertura de sesiones ordinarias afirmó que 'la Argentina puede ser parte de la solución de cuestiones globales, como [...] la pelea contra el terrorismo y el narcotráfico'. El Departamento de Estado de los Estados Unidos destacó en su *Country Report of Terrorism* de 2016 el incremento en la cooperación y las relaciones entre Washington y Buenos Aires en la materia, así como en entrenamiento y comunicaciones.

A diferencia de sus antecesores, el gobierno de Macri promovió la participación de las Fuerzas Armadas en el combate contra el terrorismo. Luego del atentado en Nueva York del 31 de octubre de 2017 en el que fallecieron cinco argentinos, Macri consideró que el país debía 'comprometerse en la lucha contra el terrorismo'. En esta línea, en julio de 2018 dictó una reglamentación nueva para la Ley de Defensa Nacional mediante el decreto 683/18 que modificó el decreto 727/06. Mediante esta norma, el terrorismo era abarcado por el concepto de agresión de origen externo de la Ley de Defensa Nacional. Hasta su derogación por Alberto Fernández en 2020, Macri había alineado al país de forma concreta con la perspectiva militar de combate contra el terrorismo de los Estados Unidos.

Nadie es ajeno a la sospecha

Al igual que sus vecinos, la Argentina adoptó otras medidas con relación al combate contra el terrorismo: tipificó la agravante de terrorismo en el Código Penal, creó oficinas especializadas en el combate contra el terrorismo en el Poder Judicial, el Ministerio Público Fiscal y en las fuerzas de seguridad, y aprobó la Convención Interamericana contra el Terrorismo y el Convenio Internacional para la Represión de la Financiación del Terrorismo. Todo esto en el marco de la resolución 1373 de Naciones Unidas que exhortaba a aunar esfuerzos en la *global war on terror*.

La ley 26.268 fue sancionada en 2007 y modificada en 2011, es decir, durante los gobiernos de Néstor Kirchner y Cristina Fernández de Kirchner respectivamente. Conocida como 'ley antiterrorista', en su momento se postuló que podía ser una herramienta para reprimir protestas sociales u opositores políticos. Como sostienen las investigadoras Eva Muzzopappa y Ana M Ramos, en la Argentina la noción de terrorismo se ha relacionado centralmente al terrorismo de Estado, algo entendible si se tiene en cuenta la historia reciente. Las discusiones sobre estas leyes reorientaron el uso del término hacia actos perpetrados por grupos privados.

La ley de 2007 castigaba la 'asociación ilícita con fines terroristas'. Fue criticada desde el derecho penal y constitucional por penar acciones, como la de pertenecer a un grupo de personas, que no generan *per se* un daño o un peligro concreto, sino tal vez abstracto o remoto. La ley se aprobó, según surgía de la cobertura periodística, por las presiones del Grupo de Acción Financiera Internacional (GAFI), institución internacional creada por el G8. En otras palabras, desde el exterior se habría presionado al país para involucrarse en la guerra contra el terrorismo dentro de sus fronteras.

En 2011, el Congreso Nacional aprobó la ley 26.734, que reavivó la polémica. Otra vez habría sido el GAFI el impulsor del cambio, según argumentó el gobierno

de Cristina Kirchner. Las críticas fueron mayores, ya que el Congreso Nacional sancionó la ley en apenas diez días contra la oposición incluso de parte del oficialismo.

A pesar de que la ley derogaba la figura penal de asociación ilícita con fines terroristas creada en 2007, establecía una agravante genérica para todos los delitos cuya ejecución tuvieran la finalidad de aterrorizar a la población u obligar a las autoridades públicas nacionales a realizar un acto o abstenerse de hacerlo. La propia ley establecía que las agravantes 'no se aplicarán cuando el o los hechos de que se traten tuvieren lugar en ocasión del ejercicio de derechos humanos y/o sociales o de cualquier otro derecho constitucional'. Sin embargo, la ambigüedad del texto daba margen para que sucediera exactamente eso. En cualquier caso, la Argentina parecía aceptar las exigencias internacionales de la lucha antiterrorista y modificaba legislación que tensionaba el marco constitucional.

Protestas contra la ley antiterrorista. Foto Encuentro Sindical

Un modelo de la emergencia

Hasta la pandemia de COVID-19, el ejemplo más actual de un estado de excepción era el de la guerra contra el terrorismo. Casi veinte años después, el modelo de emergencia constitucional parece haber vuelto a mutar. La emergencia sanitaria reemplazó a la amenaza terrorista. Sin embargo, podría pensarse que la aprobación con tanta facilidad y casi sin oposición de medidas tan restrictivas y extendidas en el tiempo como las vividas desde 2020 puede ser un legado de la mutación en el derecho constitucional durante la guerra contra el terrorismo. Esta es una hipótesis que merece explorarse. Los discursos de líderes mundiales que asociaron la pandemia con una 'guerra' y al virus con un 'enemigo' son indicios de la pervivencia de la narrativa construida en la era del terrorismo. En cualquier caso, algo es seguro: el derecho constitucional no es el mismo desde aquel 11 de septiembre de 2001. CH

LECTURAS SUGERIDAS

BELLAMY A, 2009, *Guerras justas: de Cicerón a Irak,* FCE, Buenos Aires.

GERSTEIN RS, 1985, '¿Tienen derechos los terroristas?', en Rapoport D (ed.), *La moral del terrorismo*, Ariel, Barcelona.

IGNATIEFF M, 2004, *El mal menor: ética política en una era de terror,* Taurus, Buenos Aires.

POCZYNOK I, 2019, 'Fuerzas Armadas y contraterrorismo: apuntes para renovar un debate estancado en la Argentina', *Revista de Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad*, 14 (2): 133-153.

TRIPOLONE G, 2018, 'Poderes militares y Constitución en el siglo XXI', *Letra*, 10: 32-55.

TRIPOLONE G, 2022, *Vae Neutris! Argentina y las guerras globales, desde 1914 hasta la actualidad: un siglo sin neutralidad*, EDIUNC, Mendoza.

ZOLO D, 2007, *La justicia de los vencedores,* Edhasa, Buenos Aires.

Gerardo Tripolone
Doctor en derecho y ciencias sociales, Universidad Nacional de Córdoba (UNC).
Profesor en el Departamento de Ciencias Jurídicas en la Facultad de Ciencias sociales, Universidad Nacional de San Juan (UNSJ).
Investigador asistente del Conicet.
gerardotripolone@unsj-cuim.edu.ar

Luciano Prates y S Ivan Perez
FCNyM, UNLP-Conicet

Los seres humanos y la extinción de la megafauna en Sudamérica durante el Pleistoceno final

El impacto negativo de los humanos en los ecosistemas se ha vuelto uno de los temas más candentes durante las últimas décadas en la ciencia, en la política y en la sociedad en general. El interés por la preservación de la biodiversidad y la recuperación de ambientes disturbados ha estimulado la búsqueda de respuestas a cuándo, dónde y cómo nuestra especie comenzó a impactar a gran escala en los ecosistemas. En este contexto, uno de los más antiguos y sorprendentes eventos de impacto negativo fue el de las extinciones de mamíferos de gran tamaño ocurrido a fines del Pleistoceno, entre 50.000 y 10.000 años atrás. Durante ese período un gran número de especies con gran masa corporal desapareció de la faz de la tierra. Algunos autores (como Paul Martin) han utilizado el término de megafauna para referirse a estas especies, en particular a las de mamíferos de más de 44kg de peso, mientras que otros (como Cione y colaboradores) distinguen en ella dos subgrupos, los mamíferos grandes –con un peso de entre 44 y 1000kg– y los megamamíferos con más de 1000kg. Nosotros adoptamos la primera denominación. Más allá de su alcance global, este evento tuvo en América su mayor expresión con una pérdida de cerca del 80% de los géneros. En Sudamérica, entre las formas extinguidas de gran tamaño había felinos, osos, pecaríes, elefantes, perezosos, armadillos,

¿DE QUÉ SE TRATA?

Nuevas hipótesis científicas sobre la extinción de la megafauna en Sudamérica explican el rol de los seres humanos y su tecnología de caza en este proceso.

caballos, camélidos, cérvidos y otros ungulados nativos diferentes de los actuales.

El impacto de las extinciones pleistocénicas sobre la biodiversidad en América es incuestionable, pero la importancia relativa que en ellas tuvieron, entre otros factores, la acción humana, los cambios climáticos y las enfermedades es fuertemente debatida. Esto se debe, principalmente, a que en este continente la mayor parte de las extinciones se desencadenó al mismo tiempo que se producían otros dos formidables eventos: los grandes cambios climáticos ocurridos luego de la finalización de la última glaciación y la primera dispersión generalizada de seres humanos desde Alaska a Tierra del Fuego. Aunque este solapamiento de acontecimientos hace difícil determinar con precisión la influencia e importancia relativa de cada uno, la creciente información y los nuevos análisis generados desde la paleontología, la paleoecología y la arqueología ofrecen alternativas explicativas cada vez más robustas. En este artículo vamos a recorrer las ideas y evidencias acerca de la importancia de la acción humana en las extinciones de la megafauna pleistocénica en Sudamérica.

Hipótesis previas acerca de la importancia humana en las extinciones

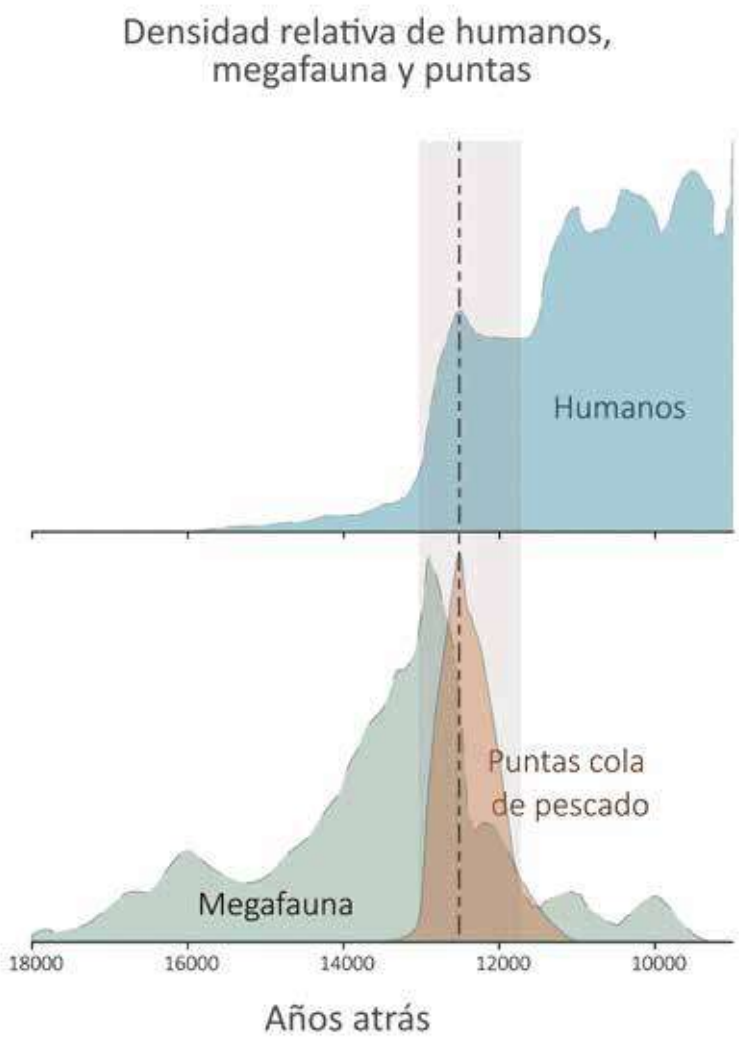
Una de las hipótesis de referencia más importantes sobre las extinciones en las Américas fue planteada hace más de cuarenta años por el zoólogo norteamericano Paul Martin, quien propuso la desafiante idea de que la caza indiscriminada de megafauna por parte de los primeros seres humanos ingresados al continente fue la causa del colapso. Esta hipótesis, conocida como *overkill* (sobrematanza) sostiene que los primeros humanos ingresaron en América hace unos 13.000 años, que eran cazadores especializados de megafauna, y que en su rápida dispersión hasta el extremo sur del continente (que no habría llevado más de 500 años) diezmaron a una fauna que desconocía a este nuevo depredador y que fue incapaz de reaccionar a sus ataques.

Aunque en Norteamérica la hipótesis de la sobrematanza ha sido criticada y el efecto combinado del cambio climático y la acción humana ha sido la causa más argumentada de las extinciones, muchos reconocidos investigadores, entre otros Todd Surovell y Gary Haynes, sostienen hasta hoy una versión moderada de las ideas de Martin. Quienes defienden un rol más importante de los cambios climáticos se han basado, entre otras cosas, en que en el preciso momento en que comenzaba a declinar la megafauna, hace 13.000 años, comenzaba en Norteamérica el evento climático conocido como Younger Dryas, un período de enfriamiento repentino que interrumpió durante 1000 años el proceso de aumento de las temperaturas globales iniciado luego del último máximo glacial hace 18.000 años.

El estado del debate en Sudamérica es algo diferente. Aquí, a pesar de que las extinciones fueron más severas que en Norteamérica, en general los arqueólogos han otorgado menos responsabilidad a los humanos en el proceso. Esta postura en buena medida se debe a que en Sudamérica, por un lado, los primeros seres humanos habrían llegado algunos milenios antes del colapso de la megafauna y, por lo tanto, no parecen haber ejercido ningún impacto negativo sobre ella durante todo ese tiempo. Por otro lado, las evidencias arqueológicas claras de explotación humana de megamamíferos extinguidos son escasas y están restringidas a unas pocas especies. Sobre esta base, ha prevalecido la idea de que los humanos no constituyeron el factor central en la extinción de la megafauna.

Más allá de esta postura predominantemente escéptica sobre la responsabilidad humana en las extinciones de la megafauna sudamericana y de que no se han ofrecido hasta ahora hipótesis concretas desde la arqueología sobre cómo se desencadenó el proceso, hay una tendencia en las últimas décadas a considerar que los cambios climáticos no las explican por sí solos. Considerando el contexto ambiental desfavorable y de extrema vulnerabilidad para la megafauna, Gustavo Politis y José Prado plantearon que los seres humanos habrían dado el golpe de gracia que conllevó su extinción. Alberto Pérez y Federico Agnolín también han llamado la atención recientemente sobre la importancia de considerar las enfermedades como posibles causantes de su desaparición. Desde estudios paleoecológicos y paleontológicos sí se ha atribuido a los seres humanos, siempre combinado con otros factores ambientales, un papel cada vez más importante. En esta perspectiva, los paleontólogos argentinos Alberto Cione, Eduardo Tonni y Leopoldo Soibelzon han planteado una interesante hipótesis sobre las extinciones en el continente sudamericano: el *Broken Zig-Zag* (zigzag roto). En ella proponen que, durante la mayor parte del Pleistoceno, que se caracterizó por la sucesión de períodos glaciares e interglaciares, los mamíferos de gran tamaño experimentaron una alternancia entre etapas de éxito y de estrés demográfico. Durante las fases más cálidas la megafauna se retraía hasta sus límites de supervivencia, pero luego se recuperaba durante los momentos más fríos. Este patrón en zigzag demográfico se mantuvo vigente durante miles de años hasta que llegaron los seres humanos y, como resultado de la caza, rompieron el delicado equilibrio y la megafauna no pudo recuperarse.

Hasta hace poco tiempo, nosotros mismos compartíamos la idea de la mayoría de los arqueólogos sudamericanos de que los humanos no deberían ponerse en el centro de la escena del debate sobre las extinciones y apoyábamos hipótesis como las de Cione y colaboradores. Sin embargo, después de publicar en 2020 un trabajo sobre poblamiento temprano de Sudamérica junto con Gustavo Politis, empezamos a cambiar de opinión. Puntualmente, observamos un anormal e inesperado descenso del crecimiento poblacional humano en el continente justo cuando se retrae la megafauna hace alrededor de 12.500 años, lo que sugería una relación estrecha entre ambos fenómenos. Esto nos llevó a evaluar la correlación temporal y espacial entre humanos y megafauna en Sudamérica mediante el estudio riguroso de cientos de registros de megafauna y puntas cola de pescado con ubicación precisa y antigüedad definida por carbono 14; algo que no se había realizado hasta entonces.



Cambio temporal en la densidad de humanos (arriba) y los correspondientes cambios en la densidad de megafauna y puntas cola de pescado en América del Sur (abajo). La imagen está modificada de Prates y Perez (2021).

Nuevos resultados y una nueva hipótesis

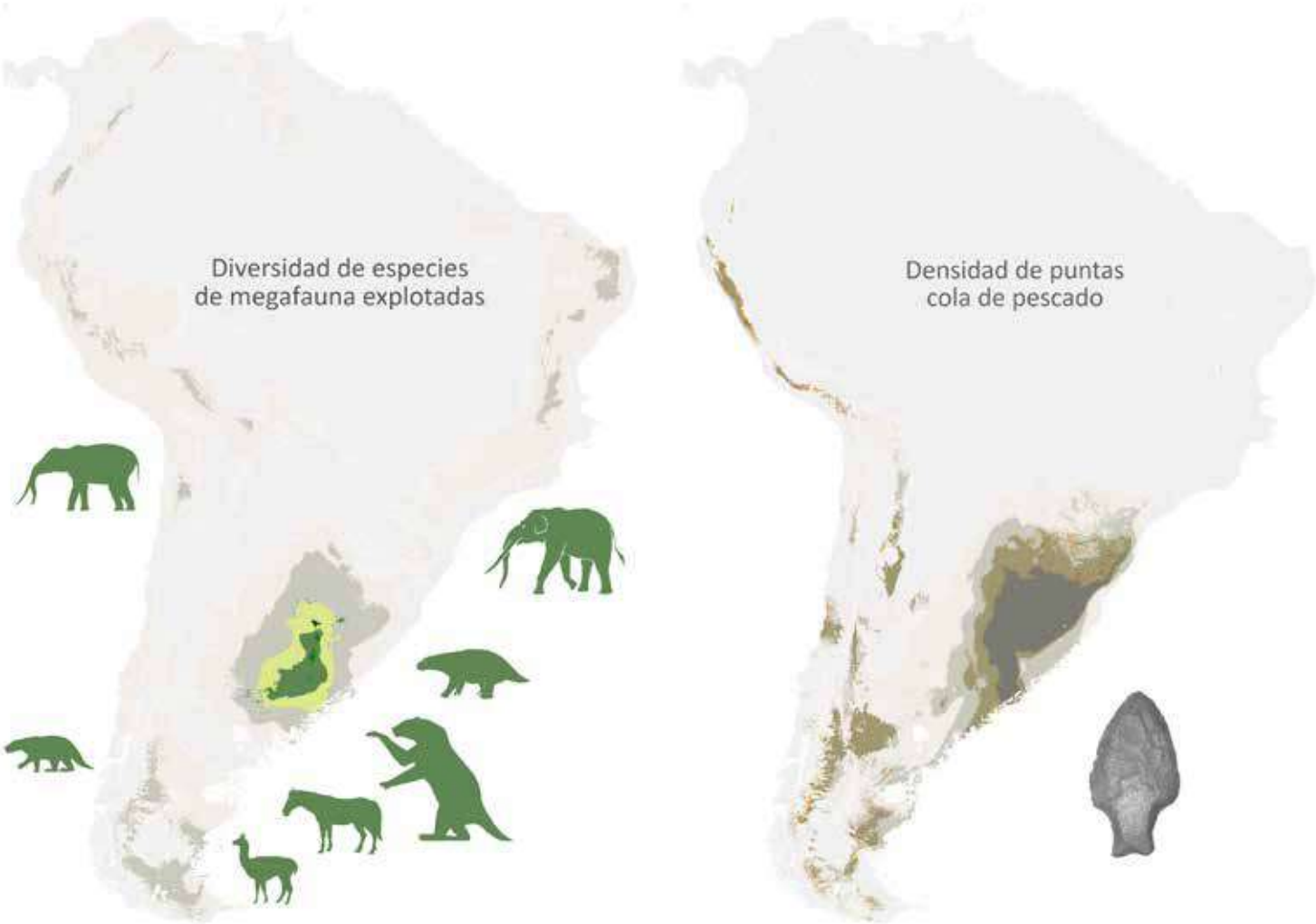
En el trabajo publicado por nosotros en 2021, en el que analizamos información arqueológica y paleontológica, mostramos que la postura predominante de los investigadores sudamericanos, incluidos nosotros mismos, era probablemente errónea. Desde una perspectiva temporal, nuestros resultados no son congruentes con la idea de que luego del último máximo glacial la megafauna atravesaba un período de retracción y estrés adaptativo sino, al contrario, es notable cómo sus registros crecen sostenidamente desde los 18.000 años, manteniendo esta tendencia incluso después del ingreso de los primeros humanos (hace alrededor de 15.500 años). Aun si los indicadores de este aumento fueran producto de algún tipo de sesgo de muestreo, no se observa ningún indicador de retracción salvo hasta su repentina declinación, ocurrida hace alrededor de 12.900 años, justo en el momento en que aparecen en Sudamérica las puntas de proyectil cola de pescado. Estas armas se utilizaron desde Ecuador hasta el sur de la Patagonia entre 12.900 y 10.900 años atrás, se arrojaban con la mano (lanza) o con propulsor (dardo) y eran muy efectivas para la caza de animales grandes. Uno de los aspectos más interesantes de las puntas cola de pescado es que muestran fuertes similitudes (por su gran tamaño, delgadez, presencia de acanaladura basal y asociación con megafauna) con las puntas norteamericanas *clovis*, que son apenas más antiguas (13.000 años). Esto ha llevado a varios investigadores a plantear que las primeras son la expresión de la dispersión hacia el sur de las segundas. Desde su aparición en Sudamérica las puntas cola de pescado muestran un aumento explosivo, antes de desaparecer prácticamente al mismo tiempo que la megafauna alrededor de 10.900 años atrás. Es decir, el uso de las puntas parece haberse generalizado muy rápido y su eficiencia para el aprovechamiento de la megafauna llevó también a un aumento de la población humana. Luego de las extinciones, no solo se dejan de usar estas puntas, sino que se desacelera ese alto crecimiento de la población.

Desde un punto de vista geográfico hemos mostrado también que la distribución de las puntas cola de pescado y de las especies de megafauna sudamericana con evidencia directa de interacción con humanos están ampliamente solapadas, especialmente en las estepas abiertas de Patagonia y las pampas de la Argentina, Uruguay y sureste de Brasil. Estos resultados sugieren que los seres humanos que utilizaron esas puntas se establecieron en las regiones con mayor abundancia y diversidad de especies de megafauna (que incluía, entre otros, megaterios, glosoterios, armadillos gigantes, dos especies

de caballos extinguidos, milodontes y una vicuña prehistórica). Por otro lado, no se observa una correlación espacial tan marcada entre las puntas y las especies de gonfoterios (parientes de los elefantes actuales) de Brasil y norte de Sudamérica, que parecen no haber sido presas tan frecuentes para los cazadores con puntas cola de pescado.

Otro de los puntos que no concuerda con ideas previas es que nuestros resultados no solo no muestran disminución de la frecuencia de la megafauna luego del Último Máximo Glacial (18.000 años atrás), sino que tampoco sugieren cambios en la megafauna con el inicio del evento de cambio climático más importante del Pleistoceno posglacial, el enfriamiento reverso antártico, ocurrido hace 14.000 años. Además, si el colapso de la megafauna en América fue causado por alguno de los eventos de cambio climático mencionados, ese colapso debería estar asociado al mismo evento en ambos hemisferios. Sin embargo, a diferencia de Norteamérica, donde la megafauna se desploma demográficamente cuando comienza el evento de enfriamiento posglacial (*Younger Dryas*), en Sudamérica ocurre cuando el período equivalente (enfriamiento reverso antártico) finaliza. Lo único que coincide en ambos hemisferios con el inicio de las extinciones es la aparición de las puntas Clovis y cola de pescado, respectivamente.

La fuerte correlación temporal y geográfica entre humanos y megafauna apoya la hipótesis de que los cazadores tempranos fueron el determinante principal de la extinción en Sudamérica. Bien sabemos que correlación no implica necesariamente causalidad, pero la arqueología es una ciencia histórica comparativa y, por lo tanto, cuanto más fuertes sean las correlaciones que se encuentren, más convincentes y menos intuitivas se volverán sus explicaciones. Aun así, quedan algunas preguntas que requieren mayor discusión: 1) si los primeros humanos llegaron a Sudamérica alrededor de 15.500 años atrás,



Riqueza de especies de megafauna (izquierda) y densidad de puntas de proyectil de cola de pescado (derecha) en Sudamérica. La imagen está modificada de Prates y Perez (2021)

¿por qué impactaron sobre la megafauna tanto tiempo después (2.500 años) y de forma tan repentina?; 2) si los humanos desencadenaron las extinciones, ¿por qué la evidencia arqueológica directa de su explotación es tan escasa en el registro arqueológico?; 3) si los humanos fueron la causa principal de la extinción de decenas de especies, ¿por qué parecen haber explotado solo un puñado de ellas (alrededor de diez)? Con respecto a la primera pregunta, nuestro análisis sugiere que los humanos afectaron a las poblaciones de megafauna rápida y fuertemente, pero no desde que poblaron el continente (15.500 años atrás), sino después de que apareció una tecnología novedosa y probablemente especializada para su captura: las puntas de lanza cola de pescado (hace 13.000 años). Antes de eso, los humanos pudieron tener una densidad poblacional demasiado baja para afectar la megafauna, no estar interesados en cazarla intensivamente, o no estar preparados tecnológicamente para hacerlo. En cuanto a la segunda y la tercera preguntas, reconocer que los humanos jugaron un papel principal en el proceso de extinción no requiere ni una alta visibilidad arqueológica de la caza ni una depredación masiva de todas las especies extinguidas. Como Cione y colaboradores han planteado, muchas especies de grandes mamíferos tenían bajas tasas de reproducción. Por lo tanto, niveles de caza relativamente moderados o bajos, e incluso sobre unas pocas especies pudieron impactar fuertemente en las redes tróficas y, de ese modo, generar un desbalance causante de la extinción de las especies cazadas y de otras impactadas indirectamente. Esto, sumado a la baja probabilidad de que los humanos hayan transportado presas tan grandes a los campamentos (donde serían más fáciles de encontrar por los arqueólogos), a las bajas expectativas de que los humanos hayan generado muchas marcas de procesamiento en los huesos por el tamaño de los animales, y a la baja probabilidad de hallar los sitios por lo extremadamente rápido del proceso de extinción (poco más de 1000 años), podría explicar la aparente contradicción entre nuestros resultados y la falta de evidencias más claras de explotación humana de los grandes mamíferos.

Teniendo en cuenta que la caza de megafauna en Sudamérica está asociada solamente a diez especies, nosotros pensamos que la acción humana sobre esa megafauna fue diferente a la sobrematanza hipotetizada por Paul Martin. Nuestros resultados sugieren que no fue necesaria una caza intensiva sobre todas o muchas especies para afectar la diversidad de megafauna. Por el contrario, la acción humana sobre unas pocas especies centrales en las cadenas tróficas pudo haber sido el factor desencadenante de múltiples y devastadores efectos sobre la diversidad de los grandes mamíferos, incluyendo especies no cazadas. Si esto fue así, nosotros y las próximas generaciones debemos ser conscientes de que la magnitud del impacto humano sobre la biodiversidad pudo haber sido mayor que lo que las evidencias arqueológicas directas nos sugieren y muy anterior de lo que los estudios de los ecosistemas actuales son capaces de mostrar. CH

LECTURAS SUGERIDAS

POLITIS G, 1989, '¿Quién mató al megaterio?', Ciencia Hoy, 1 (2): 26-35.

PRATES L y PEREZ SI, 2021, 'Late Pleistocene South American megafaunal extinctions associated with rise of Fishtail points and human population', *Nature Communications*, 12 (1): 1-11.

PRATES L, POLITIS GG y PEREZ SI, 2020, 'Rapid radiation of humans in South America after the last glacial maximum: A radiocarbon-based study', *PLoS one*, 15 (7): e0236023.

SOIBELZON LH, 2008, 'Broken Zig-Zag: una nueva hipótesis sobre las causas de la extinción de los megamamíferos en América del Sur', *Museo*, 3 (22): 24-28.

Luciano Prates

Doctor en ciencias naturales, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Profesor adjunto, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. Investigador independiente del Conicet.
lprates@fcnym.unlp.edu.ar

S Ivan Perez

Doctor en ciencias naturales, UNLP. Profesor titular, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. Investigador independiente del Conicet.
ivanperezmorea@gmail.com

Carlos A Zavaro Pérez
FCNyM, UNLP

La historia que cuentan los cladogramas

La evolución resulta la explicación más simple y coherente al origen de la diversidad de especies con las que compartimos el planeta. La historia de los seres vivos es resultado de una secuencia de eventos que conecta a los genes en los que se encripta esa diversidad con la historia de las áreas donde esas especies distribuyen. ¿La causa? El aislamiento reproductivo de sus poblaciones ancestrales como consecuencia de la aparición de barreras conductuales o geográficas, por ejemplo, y los cambios ocurridos a través del tiempo en sus genomas.

Así, la historia de la vida no es otra cosa que la historia de sucesivas modificaciones genéticas y esos cambios, que se expresan en la morfología del fenotipo, han sido utilizados por los científicos para establecer clasificaciones con el propósito de ordenarla y comprenderla. En la actualidad, a pesar de ello, no es suficiente como criterio de clasificación la similitud morfológica y la variabilidad que pueda existir entre dos organismos, sino especialmente la narrativa implícita en esas variaciones.

La obsesión por las clasificaciones

Clasificar ha sido una obsesión de los naturalistas que se remonta a los tiempos de Aristóteles. No obstante, el desafío actual para la taxonomía radica en inferir, a partir de esas clasificaciones, los procesos que pudieron haber originado tal diversidad. Para ello, las relaciones entre las especies que comprenden un determinado grupo se establecen sobre la base de los caracteres que comparten y en ese contexto los cladogramas constituyen la manera

¿DE QUÉ SE TRATA?

Las relaciones históricas entre algunos muérdagos (*Misodendrum*) y sus hospedadores (*Nothofagus*): un ejemplo de la coevolución contada por cladogramas.

en que es posible reconstruir y representar de forma gráfica esas historias.

De esta manera, los cladogramas son diagramas jerárquicos que agrupan a las especies en clados (grupos), siguiendo la premisa de que los rasgos que estas comparten para formar un agrupamiento son homólogos, es decir, derivados de un ancestro común. A estos caracteres se les conoce como sinapomorfías y representan novedades evolutivas con aparente valor adaptativo.

Cuando dos o más taxones, es decir especies, géneros o familias, conforman un mismo clado y presentan características comunes heredadas (sinapomorfías) es posible formular la hipótesis de que esos caracteres pudieron derivar de eventos evolutivos acontecidos en poblaciones del ancestro común. La distribución, entonces, de esas nuevas especies debería corresponderse con las áreas que ocuparon en el pasado sus poblaciones, con excepción de aquellas cuya área en la actualidad se haya expandido como resultado de la dispersión, es decir, de la colonización de nuevos territorios.

Asimismo, la evolución conjunta de algunas especies que pertenecen a taxones biológicos diferentes pero que son interdependientes y están conectadas por relaciones simbióticas o de parasitismo constituye otro de los eventos que es posible develar por medio de cladogramas: la coevolución.

La historia en clados y un ejemplo de coevolución

Los *Misodendrum* son muérdagos, es decir, plantas que parasitan las ramas de los árboles y que se adhieren a estos por medio de estructuras de fijación llamadas haustorios, que penetran en el sistema vascular de sus hospedadores obteniendo, por succión, los nutrientes que necesitan.

Misodendrum punctulatum. Muérdago sobre un ejemplar de lenga (*Nothofagus pumilio*).

El género comprende ocho especies que se distribuyen en el sur de la Argentina y Chile y se encuentran agrupadas en los subgéneros *Misodendrum* y *Angelopogon*. Bajo el subgénero *Angelopogon* se han descripto tres secciones: *Angelopogon*, *Telophyllum* y *Archyphyllum*. Tanto subgénero como sección son categorías de clasificación taxonómica infragenérica. Las dos primeras secciones son monotípicas, es decir, solo tienen una especie, mientras que la última sección (*Archyphyllum*) está integrada por dos especies. Bajo el subgénero *Misodendrum*, en cambio, se han descripto cuatro especies que se agrupan en las secciones *Misodendrum* (dos especies) y *Heterophyllum* (dos especies).

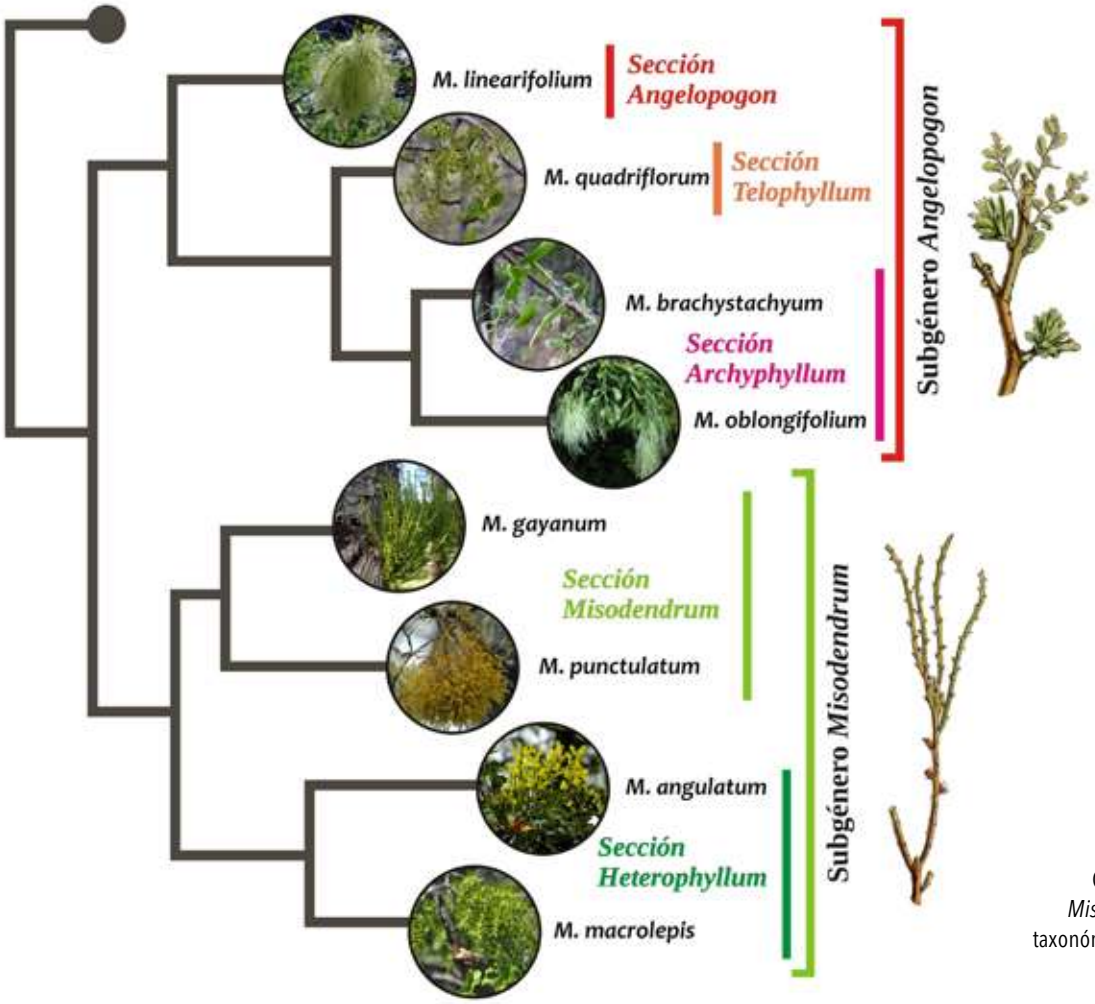
Estos agrupamientos serían intrascendentes si no fuera porque la historia de la evolución del género, que reconstruye el cladograma, permite rastrear los cambios que han ocurrido en la morfología de los individuos que conforman las especies actuales y permiten distinguirlas. Además, dan cuenta de la radiación adaptativa, es decir, de la diferenciación que pudo haber acontecido. De esta manera, las especies han ido derivando en otras y este proceso, conocido como especiación, además de estar condicionado por la aparición de barreras a la reproducción, ha sido modulado por la selección natural.

La reducción del tamaño de las flores y de la cantidad de piezas que presentan, entre las que se destacan la ausencia del perianto y la unisexualidad, fue una de las tendencias evolutivas que marcaron el proceso de especiación respecto de otros muérdagos con flores hermafroditas con los que pudieron estar emparentados en el pasado. Así, las flores masculinas están reducidas a dos estambres protegidos por una bráctea y las femeninas, a un ovario que se continúa en un estilo breve y remata en tres ramas estigmáticas diminutas. La presencia de estaminodios en la flor femenina, que no son otra cosa que estambres estériles o atrofiados, contribuyen a convalidar la hipótesis de haber estado emparentadas con poblaciones de plantas con flores hermafroditas.

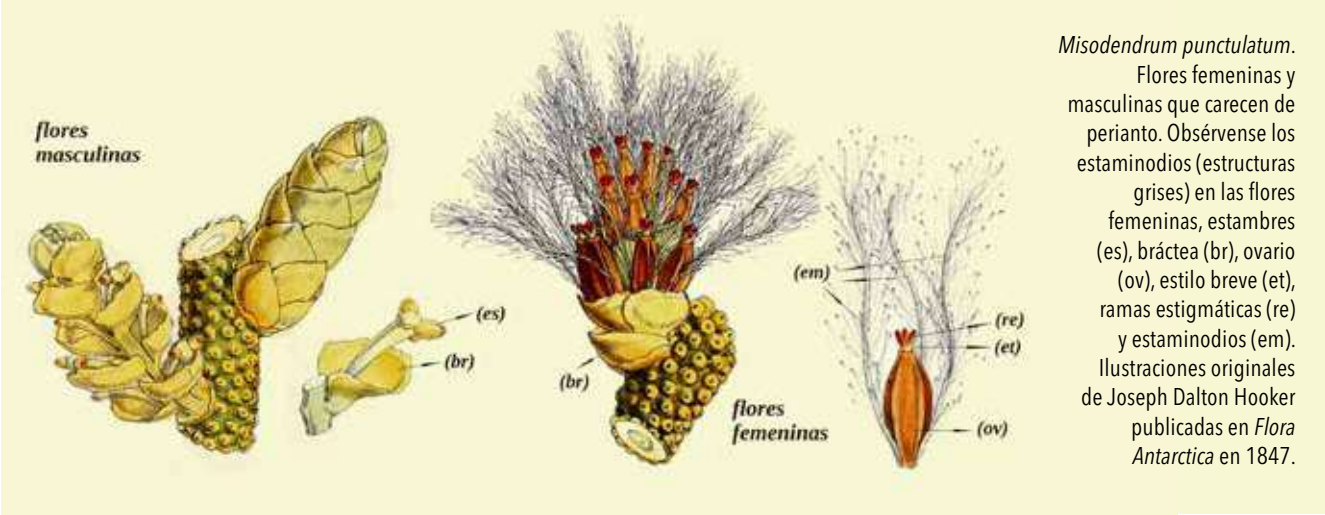
De historias compartidas…

Si bien la evolución de los seres vivos puede reconstruirse a través de cladogramas que son la base de las clasificaciones modernas, el caso particular de la evolución de algunos parásitos exclusivos como las especies del género *Misodendrum* no puede entenderse del todo sin profundizar en la historia de sus hospedadores.

En los bosques andino-patagónicos, en el sur de Sudamérica, crece una vegetación de 'selvas frías' que es do-



Cladograma del género *Misodendrum* y categorías taxonómicas que se reconocen según su evolución.



Misodendrum punctulatum. Flores femeninas y masculinas que carecen de perianto. Obsérvense los estaminodios (estructuras grises) en las flores femeninas, estambres (es), bráctea (br), ovario (ov), estilo breve (et), ramas estigmáticas (re) y estaminodios (em). Ilustraciones originales de Joseph Dalton Hooker publicadas en *Flora Antarctica* en 1847.

minada por ñires, lengas, coihues y otras especies de árboles del género *Nothofagus* que también se distribuyen en Australia, Tasmania y Nueva Zelanda (Australasia). Estos árboles, además de ser los únicos hospedadores de las especies de *Misodendrum*, son parasitados también por un hongo conocido como llao-llao que pertenece al género *Cyttaria*.

El hecho de que tanto las especies de *Misodendrum* como las de *Cyttaria* parasiten exclusivamente a los *Nothofagus* resulta un indicador de que las historias de estos grupos son interdependientes y pudieron haber estado conectadas en el pasado. Ahora bien, ¿será posible reconstruirlas?

Además del árbol filogenético de *Misodendrum*, existe un cladograma para *Cyttaria* publicado en 1988, y otro

Bosque de *Nothofagus* en el sur de la cordillera andina de la Argentina y Chile. Detalle de los parásitos *Misodendrum* y *Cyttaria*.

de *Nothofagus* publicado en 1993 utilizando la misma metodología. Ellos dan cuenta de la evolución de cada grupo, de la historia, de la transformación de sus caracteres y de su valor adaptativo, e incluso de las características hipotéticas de los ancestros compartidos por las especies actuales.

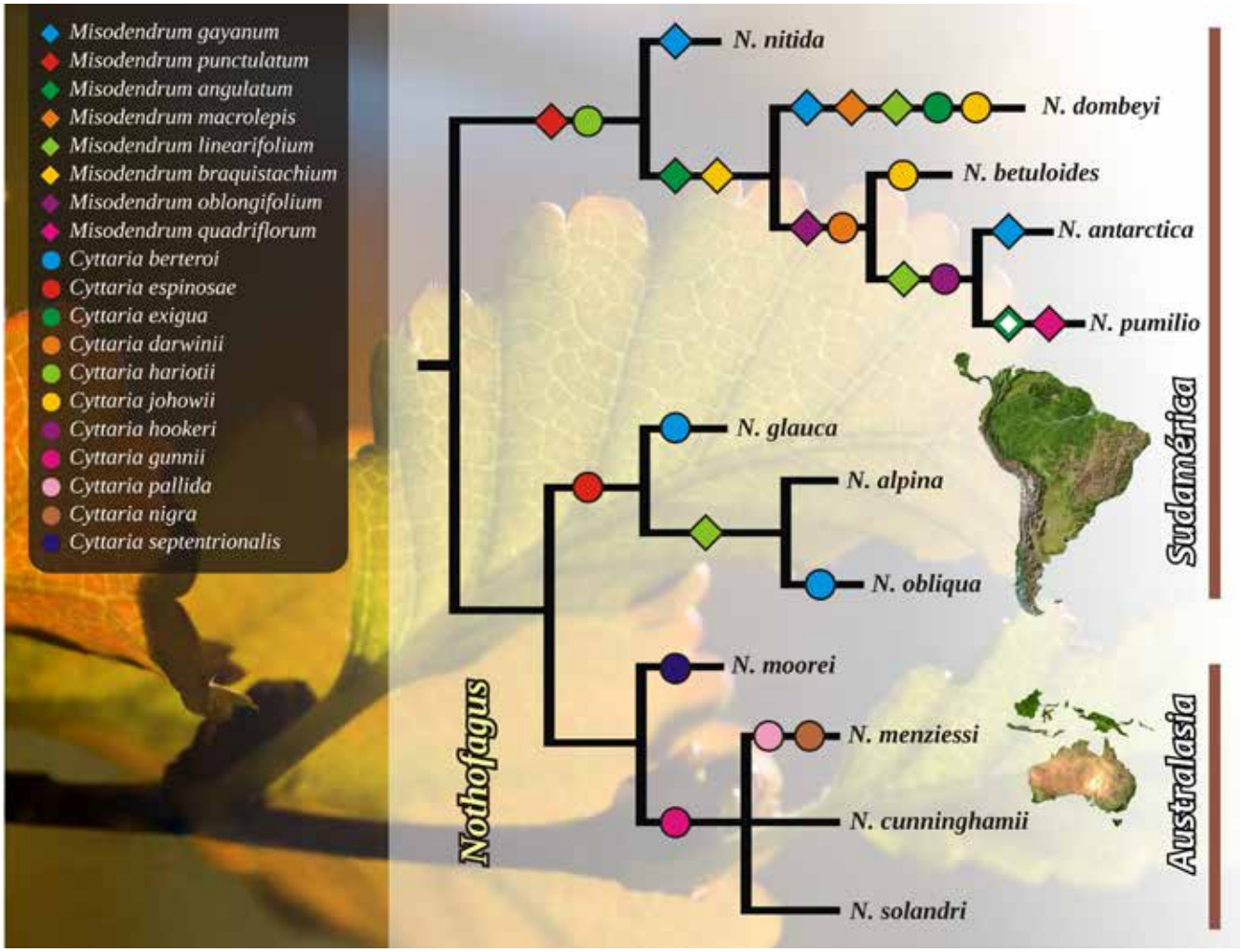
Si en el cladograma de *Cyttaria* o en el de *Misodendrum*, por ejemplo, se sustituyera el nombre de cada especie por el de sus hospedadores, podrían postularse algunas relaciones de parasitismo identificando aquellos parásitos exclusivos de un hospedador en particular de aquellos que son más generalistas. En consonancia, si los procesos de radiación adaptativa de los hospedadores condicionan la especiación o la extinción de sus parásitos, entonces sería posible considerar la existencia de coevolución.

Una historia singular

La premisa anterior podría alentarnos a reconstruir la historia de estos árboles patagónicos, pero no utilizando caracteres moleculares ni morfológicos como es tradicional, sino suponiendo que la presencia de un parásito sobre un hospedador debería constituir un carácter adquirido por este último durante su evolución. El cladograma obtenido, siguiendo esta idea, es congruente con las hipótesis filogenéticas publicadas para *Nothofagus*, pero basadas en la morfología externa.

Esto evidencia la coherencia existente entre resultados obtenidos por métodos diferentes y sobre todo nos enfrenta a la evidencia de que la historia de la vida es una sola, aun cuando la ciencia constituya tan solo un modo de aproximarnos a esa realidad que pretendemos conocer.

Bajo esa lógica, los procesos de especiación del hospedador podrían haber desencadenado eventos similares en sus parásitos. Algunas especies de hongos como *Cyttaria darwinii* pudieron haber evolucionado junto con el coihue de Magallanes o guindo (*Nothofagus betuloides*), el ñire (*Nothofagus antarctica*) y la lenga (*Nothofagus pumilio*). Algo similar podría suponerse de especies como *Misodendrum punctulatum* que, al parasitar a gran parte de las especies de *Nothofagus* y ubicarse en la base de uno de los clados (grupos) más inclusivos del cladograma, pudieron estar relacionados con el proceso de radiación acontecido tempranamente en esos árboles. De esto podría concluirse que esta especie de *Misodendrum* ya parasitaba a los



Cladograma del género *Nothofagus* considerando la presencia de parásitos *Misodendrum* (◆) y *Cyttaria* (●) como novedades evolutivas adquiridas durante su evolución.

ancestros de las especies actuales de los *Nothofagus* que conforman ese clado.

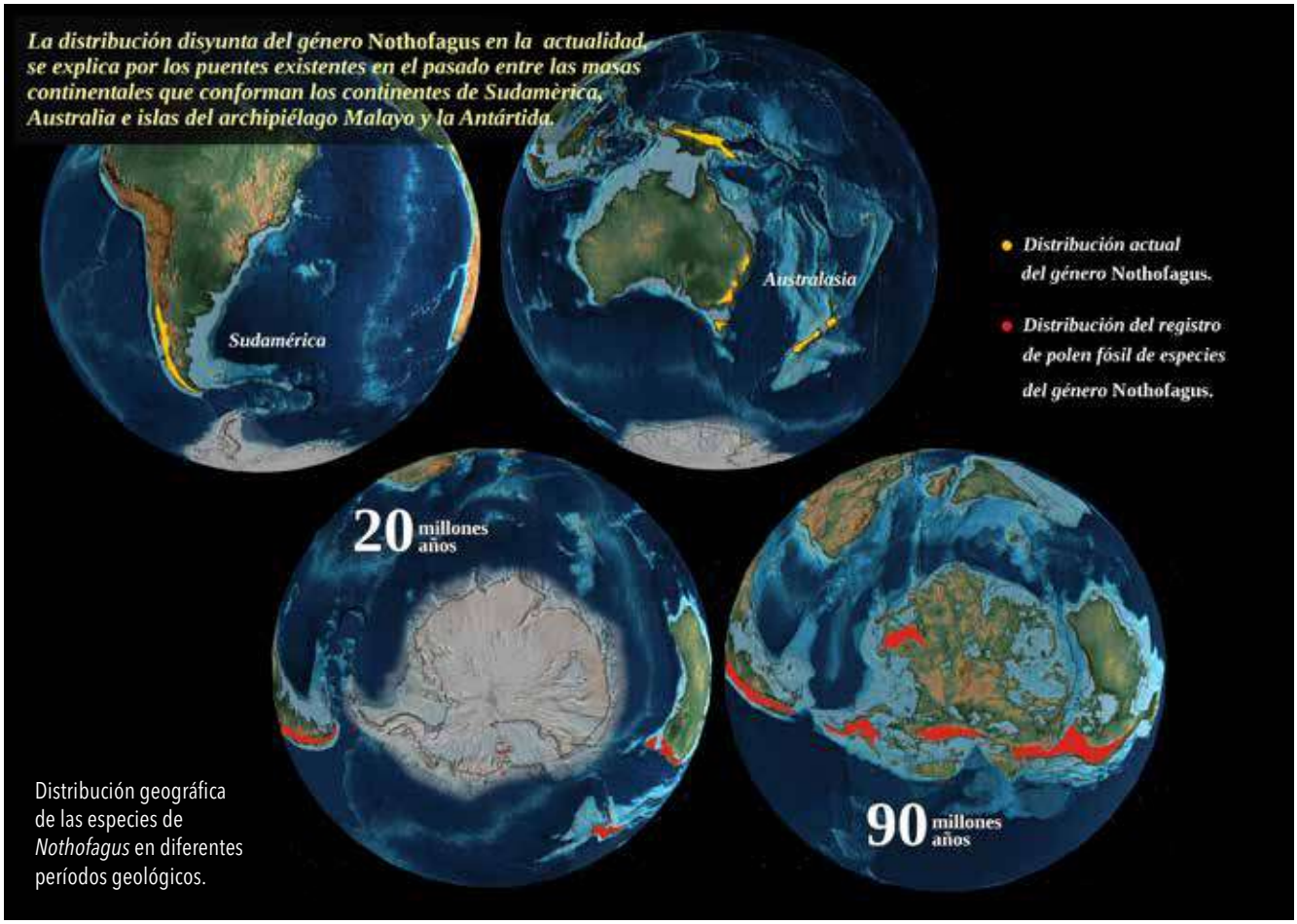
Por otra parte, el hecho que *Misodendrum linearifolium* o *Misodendrum gayanum* parasiten especies que no forman parte de un mismo clado podría deberse a eventos de dispersión. Esto supondría que esas especies podrían tener una mayor plasticidad adaptativa respecto de otras como *Misodendrum quadriflorum* que parasita exclusivamente a *Nothofagus pumilio*. La extinción de la lenga, entonces, conllevaría la desaparición de esta especie de muérdago, en tanto aquellos que parasitan a diferentes *Nothofagus* tendrían más probabilidades de sobrevivir.

Aun cuando la coevolución entre especies de grupos tan disímiles vinculadas por relaciones de parasitismo estricto o de interdependencia asociada a la polinización, por ejemplo, pueda ser corroborada utilizando estas técnicas, la hipótesis sobre la historia de la vida constituye, tal como adelantamos, un punto de partida para recapitular, también, la historia de las áreas geográficas en las que esas especies se distribuyen.

La historia de las áreas geográficas

No es posible pensar la historia de la tierra al margen de la historia de aquellos que la habitan. Vida y tierra, tal como afirmaba León Croizat –uno de los biogeógrafos más relevantes del siglo XX–, evolucionan juntas.

Una de las explicaciones a la distribución actual de las especies de *Nothofagus* en áreas aisladas por un océano como son Australasia y Sudamérica se basa en la posibilidad de que existiera un puente terrestre que conectó ambos continentes a través de la Antártida durante el Cretácico (145-66 millones de años atrás). Esta suposición es confirmada por registros de polen fósil de *Nothofagus* que datan de ese período, donde imperaba un clima más cálido en el actual territorio helado. La ausencia de las especies de *Misodendrum* en Australia, Nueva Zelanda y las islas adyacentes permitiría afirmar, por el contrario, que estas plantas son más recientes y, por lo tanto, su origen y evolución debería ser posterior a la separación definitiva de esas masas continentales.



Distribución geográfica de las especies de *Nothofagus* en diferentes períodos geológicos.

La historia que nos cuenta la morfología sobre la evolución de un grupo taxonómico e incluso la historia compartida entre especies de grupos diferentes asociadas por vínculos indisociables no es otra cosa que la historia de sus poblaciones en el tiempo y el espacio, una historia que está encriptada en el ADN de cada uno de los individuos que integran y han integrado las poblaciones de esas especies y que a su vez delinean y permiten indagar en la historia de las áreas en las que se distribuyen.

Una historia explica a la otra. No hay modo de disociarlas, y comprenderlas constituye uno de los mayores retos de la biología contemporánea y de la filosofía de las ciencias que, en cierto modo, escudriña y convalida los métodos que permiten llegar a este tipo de resultados.

En síntesis

Los nexos existentes entre las historias de los muérdagos del género *Misodendrum*, los hongos como *Cyttaria* y sus hospedadores, las especies de *Nothofagus* del sur de Sudámerica y Australasia confirman que la evolución de la vida es parte de un proceso que es imposible de comprender sin recurrir a la historia de las áreas en las que habitan. Estas historias, que se reflejan en los cladogramas, forman parte de las huellas que ha dejado la evolución y conforman la narrativa de la naturaleza misma, una naturaleza que es el legado de quienes han de caminar, en el futuro, por esas mismas tierras. CH

LECTURAS SUGERIDAS

CRISCI J, GAMUNDI I & CABELLO M, 1988, 'A cladistic analysis of the genus Cyttaria (Fungi-Ascomycotina)', *Cladistics*, 4: 279-290. *doi.org/10.1111/j. 1096-0031.1988.tb00475.x*

HILLIS R & JORDAN G, 1993, 'The evolutionary history of Nothofagus (Nothofagaceae)', *Australian Systematic Botany*, 6: 11-126. *doi.org/10.1071/SB9930111*

ZAVARO C, CRISCI J & MORRONE JJ, 1997, 'Synopsis and cladistics of the genus Misodendrum (Misodendraceae, Santalales)', *Fontqueria*, 48: 225-239. *sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/111156*

Carlos A Zavaro Pérez

Magíster en Ciencias, Academia de Ciencias de Cuba.
Auxiliar docente, UNLP. Profesor adjunto, Universidad de Belgrano.
Docente-investigador, División de Plantas Vasculares, Museo de La Plata, UNLP.
czavaro@fcnym.unlp.edu.ar

Victoria Peterson
IMAL, UNL-Conicet

Pienso, entonces muevo

Hacia las interfaces cerebro-computadora como herramientas de rehabilitación motora funcional

Nuestro cerebro evolucionó a lo largo de miles de años para controlar eficientemente un dispositivo biológico grande y complejo: el cuerpo humano. En la actualidad, y gracias en parte a los avances en neurociencia e inteligencia artificial, somos capaces de extender esta capacidad de control a dispositivos externos muy diferentes de nuestro propio cuerpo. Tal es el caso, por ejemplo, del control voluntario de un brazo robótico basado *solo* en el deseo de la persona de realizar un movimiento determinado.

Pero ¿cómo es posible controlar un dispositivo externo mediante el pensamiento? Las interfaces cerebro-computadora (ICC) son dispositivos capaces de establecer una forma nueva y alternativa de interacción entre el cerebro de una persona y su entorno. Como todo sistema de comunicación, las ICC reciben una señal de entrada (actividad cerebral) y generan una salida (comando de control). Las ICC están constituidas por componentes que convierten (traducen) la entrada en la salida, y un protocolo de comunicación que determina el 'lenguaje' a utilizar durante la comunicación. Es precisamente *ese* lenguaje, con sus códigos y símbolos, lo que se desea detectar utilizando herramientas del procesamiento de señales e inteligencia artificial. Pero no nos adelantemos, pues aún queda un poco de marco teórico que revisar.

La primera vez que se usó el término interfaz cerebro-computadora fue en un trabajo publicado en 1973, y resultó el puntapié inicial para lo que hoy es toda una disciplina de investigación que combina los conocimientos y la tecnología de la bioingeniería, la matemática, la electrofisiología, la neurociencia y la inteligencia artificial, entre varias otras ramas de la ciencia. Si bien las aplicaciones de las ICC son muchas, todas buscan me-

¿DE QUÉ SE TRATA?

Bioingeniería beneficiada por la interdisciplinariedad. Interfaces cerebro-computadora.

jorar o potenciar la capacidad del sistema nervioso central de una persona. Hoy en día, aunque es necesaria aún mucha investigación, estas tecnologías constituyen un prometedor abordaje para la rehabilitación neurofuncional de pacientes que han sobrevivido a un accidente cerebro vascular (ACV). Se trata de la tercera causa de impedimento motor permanente a nivel global con 15 millones de personas por año que lo padecen (de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud) y que provoca varios grados de paresia en las extremidades superiores en aproximadamente un tercio de los casos. En la Argentina, el último informe del Ministerio de Salud de la Nación indica que esta patología afecta anualmente a más de 80.000 personas.

Los procedimientos de rehabilitación tradicionales para personas con pérdida del control motor del miembro superior están fuertemente orientados a que el paciente use más a menudo su mano afectada, sea a través de movimientos activos (controlados por el sujeto) o pasivos (por ejemplo, realizados mediante la ayuda de un fisioterapeuta). La imaginación del movimiento de la mano provoca patrones de activación cerebral similares a los que se producen cuando realmente se ejecuta dicho movimiento. Estos cambios pueden ser observados mediante métodos no invasivos de registro de la actividad cerebral. Una de las formas más prácticas, sencillas y económicas para medir la actividad cerebral es mediante la electroencefalografía (EEG) de superficie. En el contexto de una ICC para control de un brazo robótico, el lenguaje de comunicación cerebro-máquina más utilizado es el basado en la denominada 'práctica mental motora' o imaginería motora (IM). En este sentido, la actividad cerebral asociada al deseo/imaginación de un cierto movimiento puede transformarse directamente en ejecución de movimiento, cerrando así el lazo entre la intención y el movimiento motor.

Una ICC no es un lector de la mente, es más bien un detector de cambios (a veces muy pequeños) en la actividad cerebral asociada a un cierto pensamiento o estimulación externa. En las ICC para rehabilitación motora, lo que se desea detectar son las señales denominadas ritmos sensoriomotores (RSM), asociados a la IM de la mano afectada. La información de estas señales se encuentra bien localizada en frecuencia (entre 13 y 30Hz)

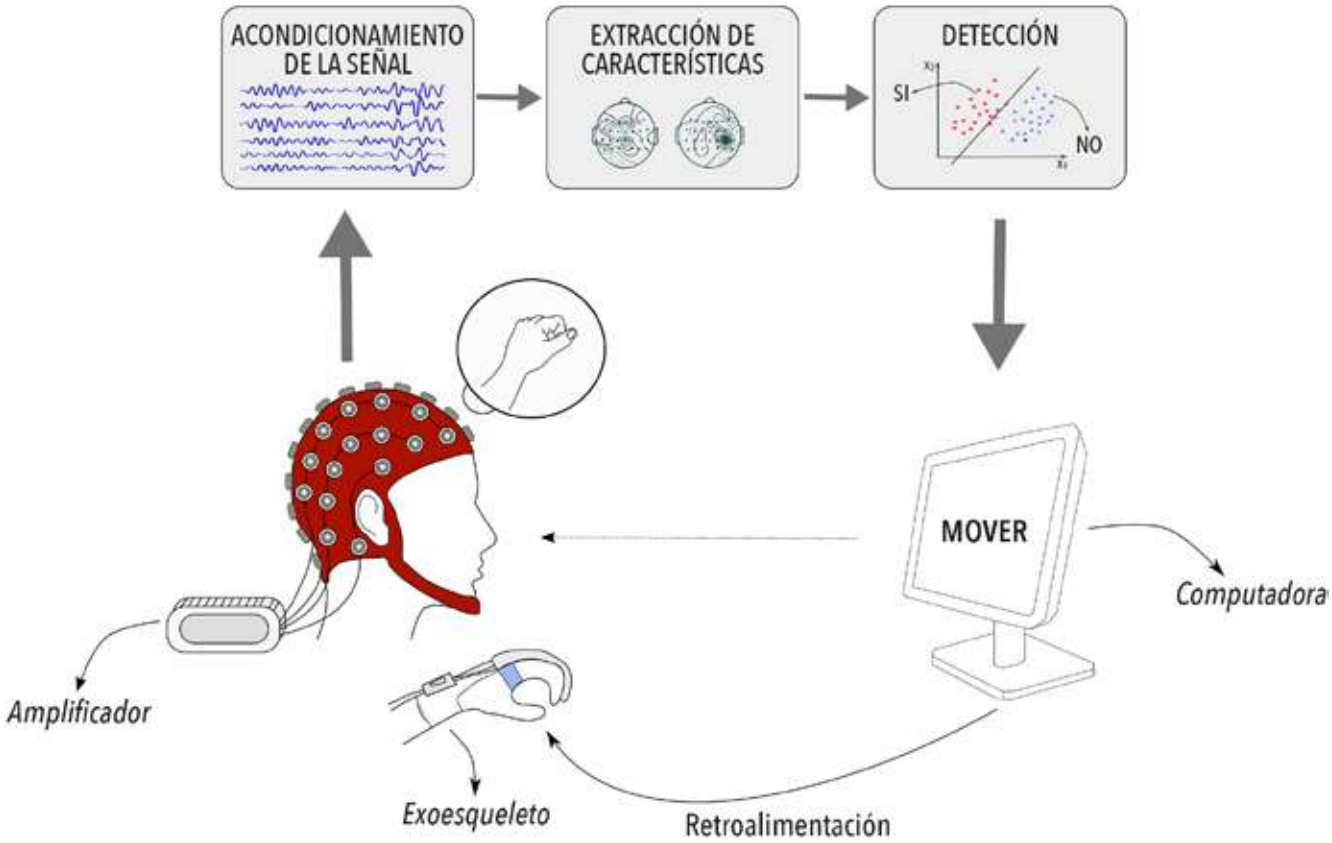


Ilustración esquemática de una interfaz cerebro-computadora para control de un exoesqueleto. La persona, con la gorra de electrodos de EEG, se encuentra frente a un monitor que le indica el comienzo y el fin de la imaginación del movimiento. La señal de EEG pasa por diferentes etapas antes de ser transformada en una señal de tipo binaria que indica la presencia o ausencia del deseo de movimiento. Esa señal será la que en última instancia controlará el exoesqueleto ajustado en la mano del paciente.

así como en la posición en el espacio, dada por la grilla de electrodos de EEG. La comunicación persona-computadora se basa en un protocolo de estimulación, que indicará, en primera instancia, cuándo es el comienzo y cuándo es el fin de la imaginación del movimiento. De esta manera, se cuenta también con la información temporal (momento de comienzo y fin) asociada a los RSM. La figura muestra un esquema básico de una ICC. La persona, con la gorra de electrodos de medición de EEG, recibe de la computadora un indicador visual para el comienzo y el fin de la imaginación. La actividad neuronal registrada pasa por diferentes etapas de acondicionamiento y procesamiento, hasta llegar a una etapa de extracción de características clave y su clasificación final, en donde se decide si el segmento de EEG procesado tiene RSM, y por lo tanto implica un deseo de movimiento. En conjunto estas tres etapas –1) acondicionamiento; 2) extracción de características, y 3) clasificación– determinan la eficiencia del algoritmo de traducción, el encargado de transformar la actividad cerebral en comandos de control.

Una ICC con aplicaciones en rehabilitación será, muy probablemente, utilizada en varias sesiones, a lo largo de varios días. La posición de los electrodos, su impedancia, las condiciones del ambiente, así como las horas de sueño, el nivel de fatiga y de atención del usuario de la ICC, provocan que la señal de EEG varíe con el tiempo. Los modelos de aprendizaje maquinal se basan en la premisa de que los datos utilizados durante su entrenamiento son un subconjunto de datos representativos del problema a abordar. Cuando un algoritmo de aprendizaje maquinal se entrena para detectar imaginación de movimiento utilizando datos de una sesión de ICC, su evaluación en datos nunca vistos, pertenecientes a una nueva sesión, puede resultar en desempeños poco satisfactorios. A este fenómeno se lo conoce como cambio de dominio, ya que se trata de dos conjuntos de datos que pertenecen a dominios diferentes, aunque 'parecidos'. Desde un punto de vista más matemático, el cambio de dominio refiere a un cambio en la distribución de probabilidad de los datos.

Los algoritmos de traducción dentro de las ICC para rehabilitación deben ser entonces capaces de sortear estos cambios en los datos utilizados para aprender el modelo de decodificación y los datos utilizados durante la terapia de rehabilitación. Una manera de abordar este desafío es mediante la construcción de los llamados métodos de adaptación de dominio, con los cuales se intenta conseguir que las distribuciones de probabilidad de los datos de testeo y de entrenamiento se parezcan entre sí.

Ahora bien, si imaginamos que las distribuciones de probabilidad de los datos representan ciertas masas, y que lo que deseamos es transportar una masa sobre otra, el problema de adaptación de dominio puede abordarse mediante herramientas ya conocidas como las que brinda el llamado transporte óptimo. El transporte óptimo fue propuesto por el francés Gaspard Monge (1746-1818) en 1781 y luego por el soviético Leonid Kantorovich (1912-1986) en 1942, y es una teoría matemática que resuelve el problema de transportar una cierta masa de un lado a otro con el menor costo posible. En 2017 un grupo europeo liderado por Nicolas Courty propuso usar el transporte óptimo como herramienta de adaptación de dominio en el contexto de aprendizaje maquinal. Los autores lograron una implementación computacional rápida y efectiva de la adaptación de dominio (AD-TO) que puede pensarse en tres etapas: 1) el aprendizaje del cambio de distribución entre los datos de entrenamiento y testeo; 2) la transformación de los datos de entrenamiento tal que se 'parezcan' a los datos de testeo, y 3) el entrenamiento de un nuevo clasificador utilizando los datos de entrenamiento transformados. Esta estrategia de adaptación de dominio ha mostrado ser eficaz en diferentes aplicaciones de aprendizaje maquinal.

Sin embargo, la AD-TO no está exenta de dificultades: 1) hay que entrenar un nuevo clasificador cada vez que hay un cambio de dominio, y 2) la totalidad de los datos de testeo deben de estar disponibles al momento de realizar la adaptación. Una colaboración entre investigadores de la UNL y el Conicet –de los institutos IMAL y sinc(i), y del Tecnológico de Zúrich (ETHZ)– mostró cómo puede utilizarse la AD-TO para rehabilitación. Para ello, a modo de evitar el entrenamiento del clasificador se propuso aprender el cambio en la distribución de los datos desde el dominio de testeo hacia el de entrenamiento de forma que los datos a transformar sean los de testeo y no los de entrenamiento. Dado que de esta manera se aprende el cambio en la distribución de los datos desde una nueva sesión hacia una vieja sesión de ICC, denominaron a esta novedosa implementación como AD-TO hacia atrás. Asimismo, considerando que las ICC deben procesar los datos de la nueva sesión en tiempo real, el equipo propuso estrategias para abordar la adaptación durante la sesión de rehabilitación. Los resultados mostraron que el tiempo de adaptación es cien veces más rápido que aquel alcanzado por el competidor más cercano en aciertos de clasificación.

Esta novedosa manera de atacar el problema de variabilidad entre sesiones de una ICC adquiere aún más relevancia cuando contextualizamos su uso para rehabilitación. Mediante este tipo de métodos adaptativos se perderá menos tiempo en la recalibración del modelo, instancia en la que el paciente no recibe ningún tipo de realimentación. Lo que se busca es mejorar la practicidad en el uso de sistemas ICC para rehabilitación. El próximo paso de esta investigación será la realización de pruebas en tiempo real, con participantes sin patologías, para finalmente llegar a las pruebas con pacientes en rehabilitación. CH

La autora quiere agradecer a cada uno de los colaboradores de este proyecto, por las instancias de discusiones de experimentos, resultados y sus implicancias en la práctica clínica.

LECTURAS SUGERIDAS

COURTY N *et al.*, 2016, 'Optimal transport for domain adaptation', *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39 (9): 1853-1865.

PETERSON V *et al.*, 2021, 'Transfer learning based on optimal transport for motor imagery brain-computer interfaces', *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 69 (2): 807-817.

WOLPAW JR & WOLPAW EW, 2012, *Brain-Computer Interfaces: Principles and practice*, Oxford University Press.

Victoria Peterson

Doctora en ingeniería, mención inteligencia computacional, señales y sistemas, Universidad Nacional del Litoral (UNL). Investigadora asistente del IMAL-UNL-Conicet. Colaboradora en el Brain Modulation Lab, Massachusetts General Hospital, Harvard Medical School, Boston.

vpeterson@santafe-conicet.gov.ar

Federico Ignacio Isla
Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario, IIMyC, UNMdP-Conicet

La erosión costera y el manejo de la arena en la barrera medanosa oriental de Buenos Aires

La erosión costera es un proceso natural que conduce –junto con los aportes de ríos, glaciares y el viento– a la formación de playas. Estas pueden tener balances positivos cuando al cabo de un año se acumula más arena o grava. No obstante, las actividades humanas (minería, fijación de dunas o aumento de los escurrimientos superficiales) pueden llevar al desbalance: se pierde más arena de la que se acumula. La deriva litoral que es un caudal sedimentario originado por los efectos de las olas entre la rompiente y la costa es evaluado en términos anuales. Para evitar estos desbalances se recurre a alimentar las playas por medios mecánicos (camiones) o por bombeo de agua con arena (refulado).

El año 2021 ha sido muy intenso en cuanto a erosión costera. Tres enérgicas tormentas en la costa de Buenos Aires han significado un balance sedimentario negativo para algunas playas. La filmación del derrumbe de la casa de Mar del Tuyú originó una rápida concientización del problema. Las tres sudestadas ocurrieron el 17 de marzo, el 25 de mayo y el 28 de julio. Pero hubo además otros efectos episódicos que afectaron localmente otros sectores de la costa sur de la provincia de Buenos Aires. El 24 de marzo de 2022 una tormenta castigó las playas de Pehuén Co y General Daniel Cerri.

¿DE QUÉ SE TRATA?

La erosión natural y producto de la acción antrópica en la costa bonaerense: la importancia de una ley de manejo costero integral.

Días previos (izquierda) y posteriores (derecha) al derrumbe de la casa de Mar del Tuyú.

Izquierda. Bosquejo del litoral de Mar del Plata (sin escalas y publicado por F Lahille en la *Revista del Museo de La Plata*) que permite reconocer los cambios en la costa provocados por la construcción del puerto. **Derecha.** Carta náutica realizada en 1915 por el crucero *Patria*.

La erosión original

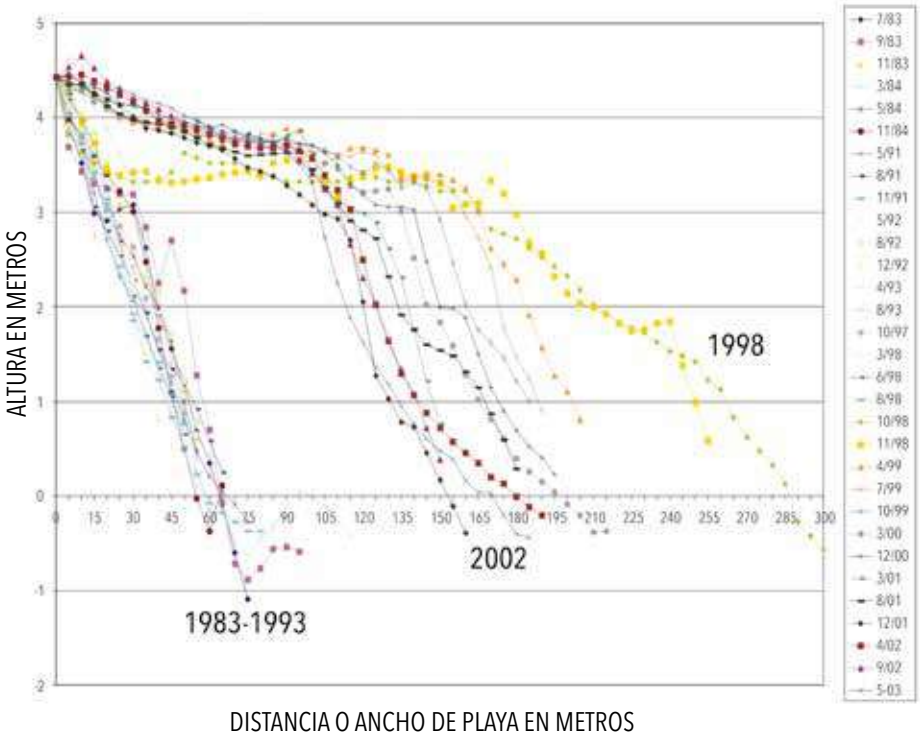
La costa de Mar del Plata se caracteriza por altos acantilados descriptos ya por el mismísimo Juan de Garay (1581), los náufragos de la fragata británica *HMS Wager* (1742) y por los padres jesuitas que recorrieron la costa este de Buenos Aires (1748). A comienzos del siglo XX Florentino Ameghino nos dejó un bosquejo de las cuatro playas ubicadas entre lomas: La Perla, la Bristol, Saint James y la playa de Peralta. El caladero original fue en la bahía de la playa Bristol, pero los originales pescadores italianos fueron desplazados por los requerimientos de los bañistas que reclamaban sol y playa. Algún tiempo después la promesa de un puerto para aquellos inmigrantes italianos se iba concretando en 1915 en el norte de la bahía de Peralta (hoy ensenada de Peralta Ramos) y finalmente el puerto se inauguró en 1924.

La construcción de este puerto causó la obstrucción de la deriva litoral de sur a norte ampliando la playa de Peralta Ramos mientras comenzaban a erosionarse la playa del Este (hoy playa Grande), la Chica y la de los Ingleses (hoy playa Varese). Los muros construidos a principios del siglo XX solo defendían la costa de la acción de las olas, pero las playas se hacían angostas. Se ideó entonces bloquear el transporte litoral mediante espigones dispuestos perpendicularmente en la playa Bristol (1930). Posteriormente hubo que defender el sector de la playa La Perla, y así se inició un proceso de construcción de espigones que fue trasladando (y empeorando) el problema hacia el norte. En los años 70 se construyeron los espigones en T inmediatamente al sur de la desembocadura del arroyo La Tapera que lograron playas artificiales donde ya no había arena.

El refulado de 1998

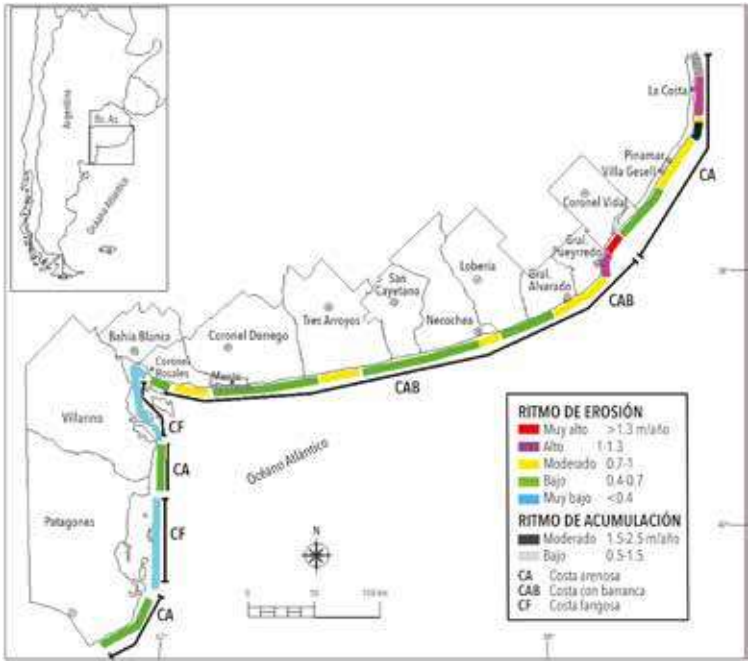
Tres playas fueron sujetas a repoblamiento artificial en 1998 con el aporte de tres dragas belgas. La Argentina aún no cuenta con las dragas necesarias para hacer este tipo de dragados. La playa Grande recibió 660.000m^3, playa Varese 150.000m^3 y la playa Bristol 1.670.000m^3, a un costo de 25 millones de dólares estadounidenses. Como algunas de estas playas estaban compuestas naturalmente de arena gruesa y fueron repobladas con arena fina, los ritmos de pérdida de arena aumentaron.

A. Croquis de la costa de Mar del Plata a la altura del puerto. Construido el puerto de Mar del Plata, la obstrucción de la deriva litoral originó erosión de las playas hacia el norte a medida que disminuía el transporte litoral. **B.** Los espigones perpendiculares colapsaban en la punta que enfrenta las olas. **C.** En muchos casos se los prolongó curvándolos como pedraplenes.



Descarga de la draga que operara en 1998. La playa de 1983, de unos 60m de ancho, fue ampliada a 290m con los trabajos de repoblamiento de 1998. Posteriormente a estos trabajos, la playa fue disminuyendo hasta un ancho de 150m en 2002.

Perfiles de la playa Grande entre 1983 y 2004.



Mapa de la costa marítima de la provincia de Buenos Aires donde se marcan las tasas de erosión y acumulación.

El retroceso costero y los desbalances de las playas

La erosión se mide de dos modos. El retroceso de acantilados o de escarpas de dunas se mide linealmente en m/año. En el caso de acantilados muy altos, estos pueden tener un lento retroceso, pero el significado geológico puede ser muy importante por los volúmenes de sedimento que se incorporan al sistema costero; se miden en m^3/año.

Al comparar fotografías aéreas de 1950-1960 con imágenes satelitales recientes de alta resolución espacial, se ha logrado obtener tasas promedio de erosión menores a 0,70m/año y máximas superiores a 1m/año, focalizados en el intervalo entre el norte de General Pueyrredón y el sur del partido de Mar Chiquita, y en el partido de la Costa.

Para los desbalances de playa es necesario comparar perfiles topográficos en función de cambios estacionales y al cabo de un año. Estos cambios estacionales permi-

Izquierda. Comparación del desarrollo de balnearios en Villa Gesell. La fotografía de arriba es de 1960 aproximadamente y la de abajo de alrededor de 2010.
Derecha. Fotografía aérea de las playas de Villa Gesell que se hicieron más angostas hacia el centro de la ciudad. Una barra continua recorre la costa mientras una primera rompiente se localiza en algunos sectores.

ten evitar los sesgos entre los perfiles de verano (normalmente con acumulación) y los de invierno.

De villas balnearias a ciudades costeras

La fijación de las dunas de la barrera medanosa oriental permitió las urbanizaciones de Villa Gesell y Pinamar que devinieron en villas balnearias a fines de los años 70. Las calles se desarrollaron preferentemente en las depresiones intermedanosas. Los enquinchados son vallas construidas de ramas y alambre con el objetivo de provocar la acumulación de arena y la fijación de las dunas. Se implementaron en general en las caras de las dunas donde llega el viento (barlovento); es decir, en las pendientes menos pronunciadas orientadas al sur. Lógicamente, el crecimiento urbano se desarrolló a partir de las cuadras más cercanas a la playa. Las casas de veraneo originales fueron reemplazadas por edificios. La impermeabilización y posterior pavimentación de las depresiones transversales a la costa originaron anegamientos que fueron canalizados hacia las zonas de playa. Así aumentó la erosión de estas y el retroceso de escarpas de dunas litorales en el sector más céntrico. En el partido de la Costa la urbanización fue más desmedida, al punto de que en muchas localidades las dunas litorales fueron eliminadas.

Enquinchados sin manejo de la arena

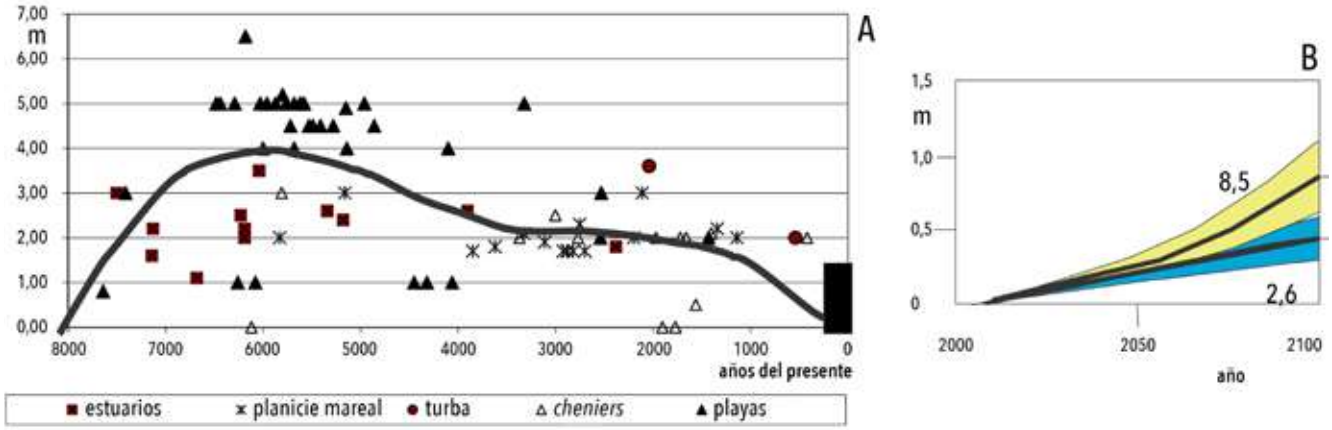
Los enquinchados disminuyeron el transporte de arena por el viento, pero no tuvieron mantenimiento. Dispuestos entre los niveles de playa más altos y las dunas litorales, formaron rampas que debían ser vaciadas para continuar cumpliendo con su fin acumulativo. Lamentablemente no tuvieron plan de manejo: quedaron sin operar y las playas se fueron haciendo más angostas debido a las tormentas provenientes del sureste (sudestadas).

La reversión del nivel del mar

Actualmente en la costa bonaerense concurren varios problemas ambientales (erosión, contaminación, pluviales, cloacales). Se requiere entonces una legislación que integre el manejo de estos problemas que muchas veces concurren e interactúan. Una ley de manejo costero integrado que contemple todos ellos es una deuda pendiente por parte de los legisladores provinciales.

Los enquinchados que no tuvieron mantenimiento fueron colmatados por arena acumulada por el viento y dejaron de cumplir su función. Se requiere limpiarlos periódicamente para que continúen cumpliéndola.

No obstante estos problemas acuciantes, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ha pronosticado cambios en las costas que se intensificarán en el futuro. El descenso del nivel del mar durante los últimos 6000 años se revertirá en el hemisferio sur y llegará en 2100 a valores de 0,40 a 0,80m por encima del actual. Al mismo tiempo, se espera que las tormentas tropicales y extratropicales sean más frecuentes e intensas.



A. Variación del nivel del mar en la provincia de Buenos Aires durante el Holoceno. Los diferentes ambientes sedimentarios consignados tienen diferente relación altimétrica con relación al nivel medio del mar. **B.** Simulación del aumento del nivel del mar de acuerdo con los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero del IPCC. RCP son los escenarios mínimos (celestes) y máximos (amarillos) de aumento de gases de efecto invernadero que inducirán aumentos del nivel del mar.

Conclusiones

La erosión costera natural significa pérdida del patrimonio nacional. A ella se le ha sumado la erosión inducida por las defensas costeras que fueron mal planificadas. Las forestaciones de dunas dieron origen a villas balnearias en las que se desestabilizaron las playas por acumulación en las dunas litorales. Los enquinchados procuraron disminuir la magnitud del transporte eólico, pero no tuvieron mantenimiento. Por lo tanto, una ley de manejo integral de costas es sumamente necesaria. Dicha ley debería atender algunos de estos problemas antes de que lleguen las consecuencias del cambio climático que augura más erosión por tormentas extratropicales y aumento del nivel del mar. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ISLA FI, CORTIZO LC, MERLOTTO A, BERTOLA G, PONTRELLI ALBISETTI M y FINOCCHIETTI C, 2018, 'Erosion in Buenos Aires province: Coastal-management policy revisited', *Ocean and Coastal Management*, 156: 107-116.

ISLA F, PRARIO B, MAENZA R, BÉRTOLA G, CORTIZO L y LAMARCHINA S, 2022, 'Las sudestadas del sudeste y del sur en la provincia de Buenos Aires, Argentina, y el aumento antropogénico previsto del nivel del mar', *Revista Universitaria de Geografía*, 31 (1): 11-37.

MEDINA RA, 2017, 'Cambios de las playas por la construcción del puerto de Mar del Plata', Ciencia Hoy, 26 (156): 13-19.

SCHNACK EJ, POUSA JL e ISLA FI, 1997, 'Olas, tormentas y playas', *Museo*, 2 (10): 85-90.

Federico Ignacio Isla

Doctor en ciencias naturales, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. Profesor titular exclusivo, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNMdP. Investigador superior del Conicet.
fisla@mdp.edu.ar

Diego M Santos
UBA y UNIPE

Pablo Ubierna
UNIPE-Conicet

Clemente Ricci (1873-1946)
y las humanidades como parte del proyecto científico en la Argentina

En 1925, en la cúspide de su carrera, el egiptólogo francés Alexandre Moret (1868-1938) llegó a Buenos Aires para pronunciar un 'curso de conferencias' y visitar colecciones públicas locales de piezas arqueológicas egipcias. La visita fue impulsada y posibilitada por un acuerdo de cooperación entre la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires y el Instituto de la Universidad de París en Buenos Aires. Su presentación (reproducida en *Verbum*, 64, 1945: 217-219) fue hecha por el decano Coriolano Alberini (1886-1960), quien no ahorraría elogios para con el erudito francés. Entre estos, indicaba que 'otro éxito lo espera, precisamente el más sólido: contribuir al desenvolvimiento de algo que ya ha comenzado a manifestarse en nuestra Facultad'. Ese 'algo' que había comenzado a manifestarse era precisamente la investigación y la enseñanza, institucionalizadas, de la Historia Antigua.

Si bien el siglo XIX da testimonio de algunos filólogos clásicos bien formados y competitivos en ámbito universitario como Mariano Larsen (1821-1894, contemporáneo y crítico de las aventuras intelectuales de Vicente F. López por terrenos lingüísticos egipcios e indoeuropeos) y en especial el italiano Matías Calandrelli (1845-1919), Alberini, concentrado en la Facultad de Filosofía y Letras, advertía contra el tipo de enseñanza 'literaria' que caracterizaba a la Facultad. Al mismo tiempo, admitía que la Reforma de 1918 había derivado en una 'evidente declinación del diletantismo'. Estaba claro también para Alberini cuáles eran las manifestaciones concretas de estas transformaciones: 'La obra del profesor Ricci, el cual, por hecho de haber implantado entre nosotros los métodos europeos de indagación histórica, merece que se le considere como el fundador de la enseñanza científica de la historia universal en nuestro país'. Como prueba, citaba su seminario sobre el códice Freer (manuscrito de

¿DE QUÉ SE TRATA?

Los orígenes del método filológico en la Argentina.

CLEMENTE RICCI

En la penumbra de la historia

Documentación

FRANCISCO RAMOS MEXÍA.

Portada de *En la penumbra de la historia*. Documentación sobre Francisco Ramos Mejía, separata de *La Reforma*, diciembre de 1913. Edición facsimilar del *Evangelio que responde ante la Nación el ciudadano Francisco Ramos Mexía*, Buenos Aires, 1820.

los cuatro evangelios del siglo V, conocido en la actualidad como *Codex Washingtonianus*, preservado en la Freer Gallery of Art), cuyos resultados la Facultad había editado en 1924. El testimonio de Alberini reconocía otro punto clave que quedaría indefectiblemente asociado al nombre de Ricci: el seminario.

Un dato importante a tener en cuenta sobre Clemente Ricci, a quien sus contemporáneos porteños veían como el inicio local y vector de institucionalización de una forma diferente de trabajar en Historia, es su formación autodidacta. Nacido en Casteggio, Pavía, el 28 de abril de 1873, llevó a cabo sus estudios secundarios en el Seminario Vescovile di Cremona fundado por Geremia Bonomelli (obispo en 1871-1914), particular institución con un programa formativo novedoso en un edificio provisto de observatorio, laboratorios científicos diversos y una muy nutrida biblioteca. La formación incluía materias científicas como geología, higiene, economía, etc., y lenguas modernas. Ciertamente, el concepto de ciencia que acompañará la obra de Ricci tuvo su origen en esta institución. Al parecer, un maestro parece haber tenido especial influencia en sus intereses: Angelo Betanzi, de quien poco sabemos, a pesar de su influencia determinante. En palabras del propio Ricci, su *curriculum vitae* podría describirse de la siguiente manera: 'Estudié Filología Clásica y Ciencia de la Antigüedad en el seminario Bonomellano de Cremona, cátedra del profesor Ángel Betanzi. No otorga títulos'.

Siendo aún muy joven, se trasladó a Milán, donde encontraría empleo en el Istituto di Scienze Storiche e Sociali dirigido por un gran erudito de esos tiempos, Cesare Cantù (1804-1895). En la capital piamontesa, Ricci iniciaría también sus estudios de música, que posteriormente desarrollaría en Buenos Aires. El por entonces ya anciano Cantù, a pesar de su notoriedad, no parece haber tenido una influencia significativa en la vida académica de Ricci, más allá del sostén económico que le proveyó. Retirado Cantú en 1893, el joven Ricci, de veinte años, tomó la decisión de emigrar, como tantos otros compatriotas, hacia el Río de la Plata.

En Buenos Aires logró posicionarse, a pesar de su juventud, como docente y directivo en las escuelas del pedagogo inglés William Case Morris (1864-1932), con quien establecería una fecunda y larga relación. Además de darle empleo, Morris le brindó las páginas de su revista *La Reforma* para publicar sus trabajos. En aquella revista encontramos la mayor parte de la obra de Ricci, que circuló ampliamente como *separata*. No sería exagerado decir que los orígenes de los estudios del cristianismo temprano están, en nuestro país, directamente vinculados con el proyecto en el que Ricci enmarcaría a la revista y la libertad que Morris le concedió. Él mismo recordaba –en el prólogo a su libro *La documentación de los orígenes del cristianismo* (1915), editado por *La Reforma*–, cuando el director de *Caras y Caretas* evitó publicar un artículo suyo porque la religión le resultaba un tema 'escabroso' que podría meterlos 'en líos' (sic). Entre problemas y enfrentamientos diversos (lo que no evita abordar en sus obras, llegando con frecuencia a la agresión personal), Ricci trabajó, como su principal tema de investigación, la historia del cristianismo en particular y los problemas que suscita el trabajo en historia de las religiones en general.

La obra de Ricci, previo a su paso por la Universidad de Buenos Aires, lo llevaría por diversos caminos, lo cual expresa la amplitud de sus intereses: la historia del texto neotestamentario, la filología clásica, la historia moderna y la historia argentina. En este último espacio encontramos un excelente ejemplo de la personalidad rupturista y de las fuertes opiniones de Ricci, que tantos adversarios le atrajo. Hacia 1916, pasada una década de la polémica suscitada por las conferencias de David Peña sobre Facundo Quiroga en la Facultad de Filosofía y Letras, Ricci calificaría a Juan Manuel de Rosas como 'su más grande genio, su hombre representativo más descollante, su espíritu más eminente, en una palabra, su inteligencia más vasta, más comprensiva y más intuitiva, servida por una voluntad inquebrantable en determinaciones'. La mención a Peña no es casual. Con él compartiría las páginas de revistas como *Atlántida*, junto con otros eruditos. Este sería el círculo intelectual que lo promovería infructuosamente para la obtención de un puesto como profesor de latín y luego griego en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires, donde influirá sensiblemente en ese grupo de estudiosos, conectados o conectables, que pronto sería llamado 'Nueva Escuela Histórica' (recuérdese la influencia de la crítica neotestamentaria en Diego Molinari).

Ricci incursionó también en la historia local. Sus trabajos sobre Francisco Ramos Mejía y la complejidad de su obra teológica estarían entre sus obras más recordadas. Sin embargo, justamente su papel en la profesionalización (en el mismo marco en que se desarrolla la obra

de los mencionados) de la filología clásica y la historia antigua es el gran olvidado en el tratamiento contemporáneo de esta discusión.

La década de 1910 significaría la consolidación de la obra de Ricci en torno de su principal tema de trabajo: la historia del texto neotestamentario, que lo llevaría a la labor crítica sobre fuentes clásicas griegas y latinas. En la misma década editaría de forma más amplia sus elaboraciones sobre metodología histórica (herederas en buena medida, pero no impermeables a los cambios, las revisiones y las incorporaciones, de los desarrollos de la Escuela de Tubinga), con las que insistirá a lo largo de toda su carrera y que serán la base de su práctica docente (que formó en métodos críticos a varias generaciones de historiadores). No obstante, sería un error reducir al personaje simplemente a esta faceta: su obra sobre crítica neotestamentaria y en filología clásica, en su contexto, también fue muy valiosa. Este trabajo, evidenciado en diferentes publicaciones, tomaría cuerpo luego de su ingreso como docente a la Universidad de Buenos Aires, en 1921, donde llevaría a cabo la práctica del seminario.

En sus seminarios, Ricci produciría varias obras en colaboración con sus estudiantes, lo cual refleja la naturaleza fecunda de esta práctica docente. El proyecto de Alexander y Wilhelm von Humboldt de transformar la universidad moderna a partir de la unión entre investigación y docencia había puesto a las humanidades en el centro del proyecto científico contemporáneo. Este proyecto, desarrollado a partir de la nueva universidad de Berlín (1810) fue rápidamente replicado en el mundo alemán y en el resto de los sistemas universitarios más importantes a partir de instituciones singulares cuyo sistema iría de a poco siendo asimilado hacia las instituciones más tradicionales (en Inglaterra, comenzará con la fundación de la Universidad de Londres –1836–, en Francia con la École Pratique des Hautes Études –1868– y en Estados Unidos con la Universidad John Hopkins –1876–). Cuando el sistema científico necesitó, a principios del siglo XX, una modernización en sus estructuras, el lugar de las humanidades siguió siendo clave como lo demuestra el planeamiento y dirección de la Kaiser Wilhelm Gesselschaft (antecesora del Max Planck) por parte de un humanista como fue Adolf Harnack, también especialista –como Ricci– en el texto del Nuevo Testamento. La gran novedad en esa búsqueda de reunir investigación y docencia sería el desarrollo del *Seminar*, como espacio físico e intelectual, centro de la vida intelectual de una disciplina. Este es el sistema que Clemente Ricci trajo a la Argentina y alrededor del cual desarrolló su trabajo en la Universidad de Buenos Aires.

La obra de Clemente Ricci sobre historia antigua e historia de las religiones es vastísima y de alta calidad. Desplegó el método en estudios papirológicos, epigráficos y de textos literarios. Su edición de textos patrísticos y la fundación de la cátedra de historia de las religiones y del Instituto de Historia Antigua y Medieval estuvo en el comienzo del desarrollo científico de las humanidades clásicas en nuestro país. Sin embargo, Ricci no ha sido siempre reivindicado por su casa de estudios, que tradicionalmente no ha priorizado los estudios en papirología y la codicología, sino más bien el ensayo como género central de la exposición universitaria. Un ensayismo que había estado en los orígenes de la facultad y al que Ricci se opuso al sostener la profesionalización que trajo la Reforma.

En tanto director desde 1924 de un 'Gabinete de Historia de la Civilización', a partir del cual se fundaría en 1927, bajo su dirección, el Instituto de Historia Antigua y Medieval de Europa (IHAMM, hoy Instituto de Historia Antigua Medieval y Moderna José Luis Romero), Ricci impulsó y gestionó la formación inicial de las colecciones de su biblioteca, obras que siguen siendo el corazón del mencionado instituto. La idea fundacional de corte humboldtiano de relacionar investigación y docencia puede reconocerse en una nota de Ricci al decano Ricardo Rojas: 'La labor que se desarrolla en el Gabinete de Historia responde al propósito de suprimir el verbalismo en la enseñanza de la historia y de eliminar en el estudio de la misma la noción refleja y de segunda mano. Para ello se procura la construcción personal del concepto histórico, mediante el estudio directo de las fuentes, haciendo así investigación verdaderamente superior y de carácter universitario. Todos los trabajos de seminario que en dicho gabinete se realizan van dedicados al tratamiento crítico de las fuentes. Cuando los resultados a que se llega son juzgados de interés general, se publican'. No obstante sus esfuerzos, en los años 30, los seminarios de Ricci eran seguidos por apenas un puñado de estudiantes (entre ellos Alberto Freixas, el segundo director del IHAM, fundador y director de su publicación –*Anales de Historia Antigua y Medieval*– hasta su muerte en 1970).

Entre todos los trabajos de Ricci, uno de ellos merece una atención especial. Nos referimos a su 'Estudio crítico del códice Freer'. Con este nombre era conocido a principios del siglo XX el *Codex Washingtonianus*, evangeliario de los siglos IV y V. Por entonces se lo consideraba el tercer códice más antiguo detrás del *Codex Sinaiticus* y el *Codex Vaticanus* y constituye un testimonio de primordial importancia en el aparato crítico de la edición del Nuevo Testamento. Adquirido por el industrial ferroviario y mecenas Charles Freer en un viaje a Egipto en 1906, el *codex* se encuentra hoy en el Smithsonian Museum de Washington. La colección de Freer estuvo en su hogar de Detroit hasta 1923 cuando abrió la Freer Gallery en el Smithsonian (en construcción desde 1916 y demorada por la Primera Guerra).

Una edición facsimilar del *codex* fue publicada en 1912 por Henry A Sanders con apenas un estudio introducto-

Páginas del *Codex Washingtoniensis*. Wikimedia Commons

rio, y Ricci trabajó sobre este facsímil (hoy conservado en la biblioteca del Instituto de Historia Antigua Oriental de la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA) con los asistentes al seminario, que se desarrolló en 1922-1923, dando lugar a un volumen de casi cien páginas publicado por el Instituto de Investigaciones Históricas en 1924. En él, Ricci señalaba que el trabajo de los jóvenes asistentes al seminario sobre el manuscrito ('obra genuina de alumnos de nuestra Facultad') ofrece 'a los hombres de poca fe una prueba que me permito creer terminante de que la juventud argentina es capaz de llevar a cabo en el campo de los estudios más áridos y dificultosos'. Esta 'juventud' a la que tributaba elogios en las páginas de las ediciones de sus seminarios parecía ser su única caja de resonancia en esa última década de su carrera. A esa juventud se dirigiría en varios artículos de metodología (bastante críticos a veces con los docentes y especialistas en carrera) en las páginas de la revista estudiantil *Verbum*.

Que un profesor argentino realizara un comentario general de un importantísimo *codex* neotestamentario a principios del siglo XX –apenas unos años después de su descubrimiento– y cuyo estudio la Primera Guerra había retrasado, es un dato significativo en términos de una historia de lo que pudo ser. Lo más llamativo, sin embargo, es que el propio Ricci viera el problema del desarrollo de los estudios humanísticos desde un punto de vista institucional y lo hiciera con una amplitud que excedía su propia frustración. Este desarrollo puede observarse en la formación de una nutrida biblioteca institucional que reunía, para los últimos años de la década de 1920, una primera y básica colección de los *instrumenta* de trabajo necesarios.

En este sentido, hacia 1934 identificaba como un grave error del proyecto académico y científico de la generación del 80, de aquellos que habían diseñado nuestra educación sobre el modelo francés, el no haber tenido en cuenta el desarrollo de instituciones académicas en humanidades, citando, expresamente, el ejemplo de la École Pratique. Es significativo que Ricci dijera entonces que, si bien la Argentina de Caseros y Pavón no podía darse los lujos de la Francia del Segundo Imperio (cuando se fundara aquella institución francesa), no era ya el caso en la década de 1880. Incluso Italia en tiempos de zozobra había sabido desarrollar las humanidades, deteniéndose en el ejemplo de los estudios orientales, señalaba Ricci específicamente una brillante tradición de indo-iranística que sigue muy vigente en Nápoles y también a los hebraístas y arabistas romanos y florentinos. No se trataba, una vez más, de problemas económicos sino de la existencia o no de un proyecto científico. Los escritos de Ricci en las revistas de la Facultad de fines de esa década trasuntan la frustración que eso le ocasionaba y el olvido que habría de caer sobre su figura. CH

LECTURAS SUGERIDAS

Es escasa la bibliografía acerca de Ricci. El artículo de María C de Pompert es un excelente punto de partida y puede encontrarse online en el repositorio de la Academia Nacional de la Historia.

DE POMPERT MC, 2000, 'Clemente Ricci y una obsesión metodológica', *Investigaciones y Ensayos*, 50: 229-243.

UBIERNA P, 2016, *Las humanidades: notas para una historia institucional,* Buenos Aires, Unipe Editorial Universitaria.

Diego M Santos

Abogado, UBA.

Jefe de trabajos prácticos, Universidad Pedagógica Nacional (Unipe).

Investigador, Departamento de Humanidades y Arte, Unipe.

Profesor adjunto interino, Facultad de Derecho, UBA.

diego.santos@unipe.edu.ar

Pablo Ubierna

Doctor en historia, Université de Paris Sorbonne.

Profesor titular regular, Departamento Humanidades y Arte, Unipe.

Investigador independiente del Conicet.

pabloubierna@conicet.gov.ar

Crossfit cerebral N.° 11

Ilusiones y juegos matemáticos

Caramelos por toda la plata

En el número anterior dejamos pendiente el problema de determinar el resultado de dividir cero entre cero. Vimos que si dividimos cualquier número no nulo por cero se obtiene como resultado infinito, que no es un número, sino que es un símbolo que denota un valor tan grande como se quiera. Para ver esto fuimos haciendo cada vez más chico el divisor para 'acercarnos' al cero.

Entonces podemos aplicar el mismo razonamiento para determinar el resultado de 'cero dividido cero'. Ahora tenemos dos ceros a los que acercarnos: el dividendo y el divisor. Para no usar estos términos específicos, volvamos al ejemplo de los caramelos.

La situación era la siguiente: voy a un kiosco con 100 pesos y quiero saber cuántos caramelos puedo comprar, según el precio unitario. La respuesta es simple:

Caramelos que puedo comprar =
dinero que llevo ÷ precio unitario

Para saber el resultado de dividir por cero fuimos achicando el precio unitario cada vez más. Es decir, los caramelos eran cada vez más baratos. Pero ahora, además, llevaremos cada vez menos plata para así acercarnos al 'otro cero' involucrado. Así, supongamos que el primer día vamos al kiosco con 100 pesos y que cada caramelo cuesta 10 pesos. Cada día que pasa el kiosquero baja el precio a la mitad y nosotros llevamos, también, la mitad de dinero que el día anterior. ¿Cuántos caramelos compramos cada día? Pongamos la información en una tabla para organizarnos:

	Dinero que llevamos	Precio unitario	Caramelos que compramos
Día 1	$100	$10	10
Día 2	$50	$5	10
Dia 3	$25	$2,5	10
Día 4	$12,5	$1,25	10

Podemos ver que no importa qué día sea, siempre nos alcanza para comprar 10 caramelos. Llevamos cada día menos plata hasta llegar a cero, pero el precio también baja. Cuando hacemos la división, da siempre 10 aunque ambas cantidades se acerquen a cero cuando pasen muchos días. Entonces ¿0 ÷ 0 = 10? Sigamos…

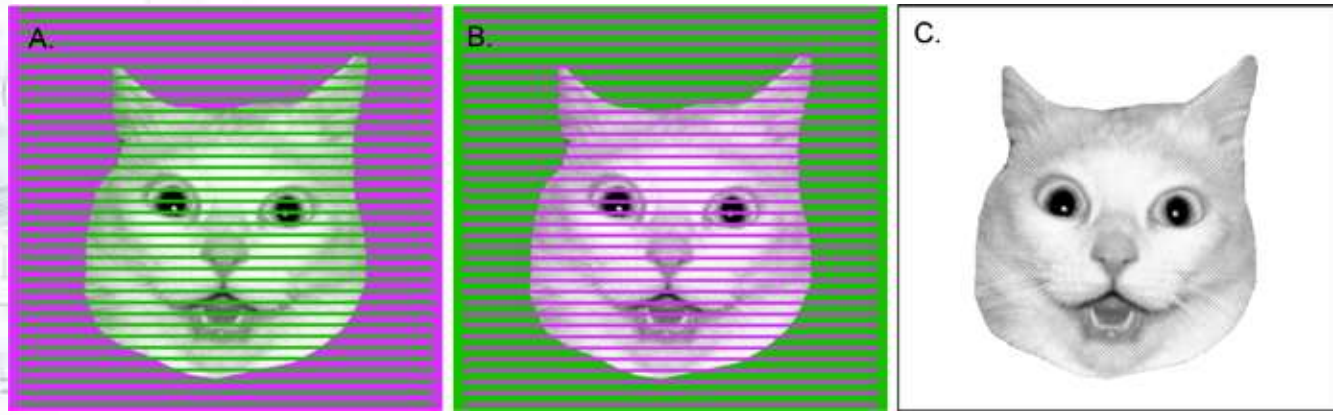
En lo anterior nos estamos acercando al 'cero dividendo' llevando cada día menos dinero, y al 'cero divisor' bajando el precio unitario de los caramelos. Lo hacemos desde un punto de partida inicial: 100 pesos, a 10 pesos cada caramelo. Pero este punto de partida, así como el hecho de dividir por mitades, es completamente arbitrario. Mantengamos lo de dividir por mitades por un rato, pero empecemos con 200 pesos y un precio unitario de 4 pesos. Cada día podremos comprar 50 caramelos, aunque ambas cantidades se acerquen a cero a medida que pasen los días. Entonces ¿0 ÷ 0 = 50?

Podemos ver que si nos acercamos a cero de distintas maneras obtenemos resultados diferentes (de hecho, podemos obtener cualquier valor que se nos ocurra). Por eso se dice que 'cero dividido cero es una indeterminación'. En matemática, una *indeterminación* es una operación cuyo resultado no está definido, es decir, no podemos saber cuánto vale (ni siquiera asignarle el símbolo infinito como en el caso de 100 dividido 0).

Ahora mantengamos el punto de partida inicial de 100 pesos disponibles, a 10 pesos cada caramelo, pero supongamos que cada día llevamos la mitad de dinero que el día previo, y que el kiosquero baja el precio a la cuarta parte del precio del día anterior. ¿Qué pasa con la cantidad de caramelos que podemos comprar cada día? ¿Y si el kiosquero reduce su precio en la mitad cada día, pero nosotros llevamos la cuarta parte de lo que llevamos el día anterior?

¿De qué color es el gato?

Quizá percibas que el gato es verde (A) o violeta (B), pero en ambos casos es blanco y gris (C). ¿Por qué ocurre que lo percibimos de diferentes colores? Esta ilusión, conocida como ilusión de Munker, muestra hasta qué punto la percepción del color está influida por el contexto. A diferencia de otras ilusiones de contraste (ver por ejemplo 'Crossfit cerebral N.º 5', Ciencia Hoy, 172), aquí el color con el que se percibe el gato depende principalmente del color de encuadre del primer plano (las rayas que cruzan la imagen del gato), mientras el efecto de la ilusión se vuelve más fuerte si el color del fondo es un opuesto. De esta manera, a pesar de que la imagen del gato es monocromática, a nivel de nuestra corteza visual se asimila el color predominante, induciéndose un relleno visual de color.



Los juegos del Pleistoceno

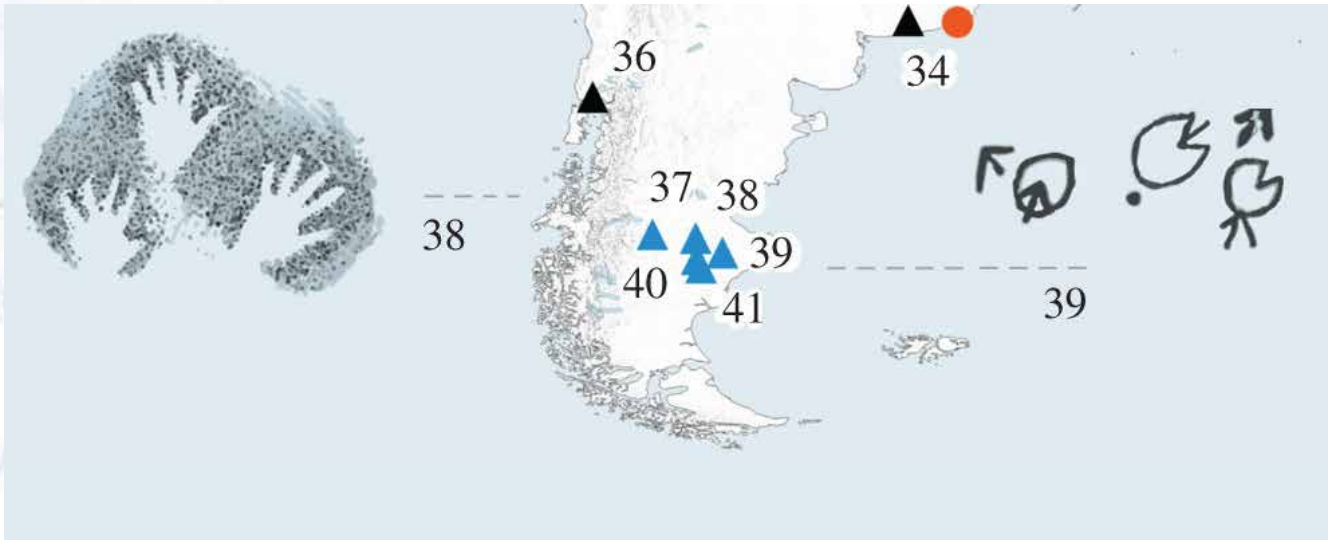
El 7 de marzo de este año se publicó 'Ice Age megafauna rock art in the Colombian Amazon?', de José Iriarte, Michael Ziegler, Alan Outram, Mark Robinson, Patrick Roberts, Francisco Aceituno, Gaspar Morcote-Ríos y Michael Keesey, en *Philosophical Transactions of the Royal Society*.

Si bien el propósito del artículo apunta al problema de identificar megafauna ya extinguida que se distingue en los dibujos, la figura 1 del artículo nos deja pensando también en los juegos y entretenimientos de la *early human history* of South America (por citar la última frase de la introducción, que no necesita mayor traducción).

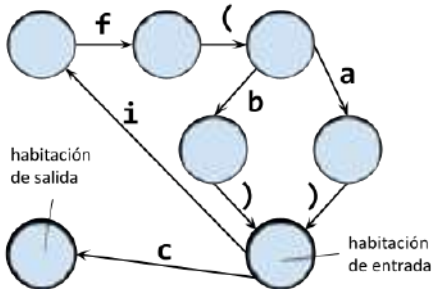
Observamos, en un recorte de la figura, que antes de la invención de la tijera, la estrategia dominante era jugar 'papel' contra la opción 'piedra', como lo documentan los registros de la Cueva de las Manos.

Vemos también, en Piedra Museo, la astucia de jugar al Pac-Man antes de la invención de las calles, indicando con un vector la dirección y el sentido del movimiento.

¡Quién sabe qué otros juegos de la época habrán quedado documentados!



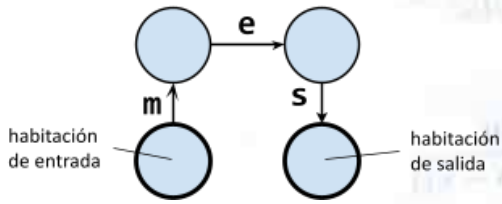
¿Palabras o programas?



Estás en una sala de escape en la entrada, y tenés una palabra en la mano. La forma de salir es utilizar las letras de la palabra para ir pasando de habitación en habitación. A medida que vas leyendo una letra, vas pasando a la habitación indicada por la flecha correspondiente. ¿Podés llegar a la *habitación de salida* leyendo las siguientes palabras? ¿Cuáles son las reglas generales para una palabra 'aceptada'?

1) if (a) c
2) c
3) if (if (a)) c
4) if (b) if(a) c
5) if (a) if(b) if (a)
6) if (a) if(b) if c)
7) if (a) if(b) if (a) c

Por ejemplo, en la siguiente sala de escape, con la palabra 'mes' puedo llegar hasta la habitación de salida, pero con la palabra 'mermelada' no puedo llegar a ningún lado.



Corolario

Los programas de computadora se suelen escribir como un texto muy riguroso y esquemático, que debe respetar las reglas de un lenguaje. ¿Cómo sabemos si un texto escrito respeta las reglas del lenguaje?

Utilizando un 'mapa de habitaciones' similar a este, que se conoce como *autómata*.

#TeRegaloUnTeorema

Teorema

Entre todas las figuras planas de perímetro dado L, la que tiene mayor área es el círculo.

Es decir, si nos dan un alambre y nos piden que le demos forma para encerrar la mayor cantidad de área posible, conviene hacer una circunferencia.

Se lo llama también problema de Dido, fundadora y primera reina de la ciudad fenicia de Cartago, en Túnez. Según la leyenda, Dido llegó al actual golfo de Túnez allá por el siglo VIII antes de nuestra era y pidió que le den tanta tierra como la que se pueda encerrar con la piel de un toro. Aceptado el pedido, cortó la piel de un toro en largas y finas tiras y con ellas encerró la mayor superficie posible: la ciudad de Cartago.

El problema de Dido es en realidad un poco distinto –pero muy relacionado–, porque la ciudad de Cartago se extendía sobre la costa del mar Mediterráneo y entonces la pregunta de Dido era cuál es la figura que debemos construir para obtener la mayor cantidad de área posible con un arco que va desde un punto de la costa hasta otro. La respuesta es que lo mejor es hacer un semicírculo.

Así de viejo es el problema, y ya en la antigua Grecia sabían que la respuesta era el círculo, gracias a un tal Zenodoro, pero su demostración llegó recién a mediados del siglo XIX gracias a Jakob Steiner, que en el camino inventó un método que dio lugar a toda una estrategia para resolver muchísimos problemas. Hoy lo llamamos *simetrización de Steiner* y es una herramienta fundamental en lo que se denomina *análisis geom*étrico.

Pero… pará, pará pará. La demostración de Steiner tampoco estaba del todo bien, al menos para los parámetros actuales. Steiner demostró que si había una solución al problema tenía que ser un círculo, mostrando justamente que una figura óptima debía ser tan simétrica que solo un círculo podría lograrlo.

Pero le faltó demostrar que existía una solución al problema. Hoy sabemos muy bien que podría pasar (no es lo que pasa, pero una demostración que se precie debe contemplar mostrar que efectivamente no pasa) que haya una sucesión de figuras planas que van teniendo cada vez más y más área pero que no haya ninguna que sea la que mayor área tiene.

De hecho eso es lo que pasa si nos preguntamos por la figura que debemos construir para encerrar la *menor* área

posible. Los invito a pensar cómo podrían construir figuras bidimensionales con área tan chica como quieran, todas con el mismo perímetro. Pero resulta que no hay ninguna que sea la que tiene el área más chica posible.

En el camino, antes de que Steiner nos regalara su hermosa prueba, pasó lo que suele pasar con los grandes problemas. Tal vez sea exactamente eso lo que los hace grandes. El intento de demostración de la desigualdad isoperimétrica motivó el desarrollo del cálculo de variaciones, un área fundamental de la matemática actual para resolver problemas intrínsecos de la matemática pero también de física, ingeniería, economía y muchas más. ¿Los protagonistas? Un tal Leonard Euler, los hermanos Johann y Jakob Bernoulli y el joven Joseph-Louis Lagrange con sus diecinueve añitos.

El cálculo de variaciones vino como corolario obligado del desarrollo del cálculo infinitesimal por Leibniz y Newton, y llegó para cambiar nuestras vidas para siempre. Me animo a decir que nuestro mundo no sería ni por asomo como lo conocemos sin él. No soy el único.

Esencialmente trata de resolver problemas de encontrar máximos y mínimos de ciertas funciones como los que muchos conocen de un primer curso de cálculo pero en donde las variables son objetos más generales: curvas, funciones, superficies, conjuntos, etcétera.

La desigualdad isoperimétrica tiene también versión 3D (y 4D, 5D, etcétera) que dice que si queremos encerrar mucho volumen con una sábana, lo mejor es hacer una pelota. O al revés, si queremos encerrar un volumen fijo, usando la menor cantidad posible de globo, lo mejor es hacerlo redondo.

Por eso las gotas de lluvia y las pompas de jabón son redondas. La naturaleza es sabia. O no sé si sabia, pero al menos la tensión superficial (las moléculas en el borde de la gota 'quieren' juntarse) lleva a que se minimice el área de la superficie que las encierra. Y la única forma de que eso pase, de acuerdo con este teorema, es tomando forma redonda.

Ver video: *upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f8/Cutting_a_water_droplet_using_a_superhydrophobic_knife_on_superhydrophobic_surfaces.ogv*

Además de la versión 3D, la desigualdad isoperimétrica se ha extendido a muchos otros contextos: esferas, superficies más complicadas, grafos y otros espacios más abstractos aún. Se ha vuelto una herramienta indispensable para estudiar muchos fenómenos, por ejemplo, el comportamiento de un caminante aleatorio, que sirve a la vez para modelar innumerables situaciones en física, biología, finanzas y mucho más.

#TeRegaloUnTeorema

Soluciones

Caramelos por toda la plata

En el primer caso la cantidad de caramelos que podemos comprar cada día aumenta, siendo el doble del día anterior (se dice que 'tiende a infinito'). En el segundo caso disminuye, y cada día podremos comprar la mitad que el día anterior ('tiende a cero', suponiendo que los caramelos se pueden fraccionar todo lo que se quiera).

¿Palabras o programas?

Las palabras (o programas) que nuestro autómata reconoce son el 1, el 2, el 4 y el 7. Los únicos programas válidos son aquellos que dicen `if (a)` o `if (b)` y luego seguidos por cuantos `if (a)` o `if (b)` se quiera, pero siempre terminando en `c`.

Equipo de la sección 'Ilusiones y juegos matemáticos'

Marilina Carena
Matemática, UNL-Conicet.
marilcarena@gmail.com

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

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

Matías López-Rosenfeld
Computador, UBA-Conicet
mlopez@dc.uba.ar

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

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

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

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

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

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