CIENCIA HOY

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy
Volumen 27 número 162 octubre - noviembre 2018
Ejemplar en la Argentina $140

1800 ARTÍCULOS

30 AÑOS

1500 CIENTÍFICOS DIVULGADORES

ISSN 0327 - 1218
00162
9 770327 121009

CIENCIA HOY

CONTINÚA CON SUS VOLÚMENES TEMÁTICOS

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

RevistaCienciaHoy Tel (011) 4961 1824 Fax (011) 4962 1330

CIENCIA HOY

Fundada en 1988

Propietario: ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

Director: Pablo Enrique Penchaszadeh

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

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

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

Alejandro Curino
Instituto de Investigaciones Bioquímicas Bahía Blanca, UNS-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
UNSAM

Roy Hora
Universidad Nacional de Quilmes. Conicet

José X Martini
Asociación Ciencia Hoy

Paulina E Nabel
Asociación Ciencia Hoy

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

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

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

María Semmartin
Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas vinculadas a la Agricultura, UBA-Conicet

Consejo científico

Elvira Arrizurieta (Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, UBA), 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), Marcelo Montserrat (Academia Nacional de Ciencias), José Luis Moreno (Universidad Nacional de Luján), Alberto Pignotti (FUDETEC), Gustavo Politis (Departamento Científico de Arqueología, FCNYM, UNLP) y Fidel Schaposnik (Departamento de Física, FCE, UNLP)

Secretaría del comité editorial
Paula Blanco

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

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

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

Suscripciones
ARGENTINA: 6 números, $980 (incluye envío)
EXTRANJERO: 6 números, US$ 40 + envío

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

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

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

ISSN 0327-1218
N° de registro DNDA 5356850

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

Corrección
Mónica Urrestarazu

Impresión
Mundial impresos
Cortejarena 1862 (C1281AAB)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires

ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

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

COMISIÓN DIRECTIVA

Pablo E Penchaszadeh (presidente), Omar Coso (vicepresidente), Federico Coluccio Leskow (tesorero), Alejandro Gangui (protesorero), Paulina Nabel (secretaria), María Semmartin (prosecretaria), Hilda Sábato, Diego Golombek, Galo Soler Illia, Ana Belén Elgoyhen (vocales).

Ciencia Hoy agradece el apoyo del Conicet y del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Esta revista se produce merced al esfuerzo desinteresado de autores y editores, ninguno de los cuales recibe –ni ha recibido en toda su historia– remuneración económica. Fundada en 1988.

www.facebook.com/RevistaCienciaHoy

Sumario

Octubre – noviembre 2018
Volumen 27 - número 162

EDITORIAL
4 30 años de Ciencia Hoy

HACE 25 AÑOS EN CIENCIA HOY
8 Volumen 4 - número 21
noviembre - diciembre 1992

10 GRAGEAS

ARTÍCULO
13 Nacionalismo y autodeterminación de los pueblos
Andrés Malamud y Miguel De Luca
A poco de exceder el tamaño de una banda o una tribu, los grupos humanos de todo lugar y de toda época han procurado encontrar un orden político adecuado a sus circunstancias. Invariablemente, las formas de organización política ensayadas en milenios de historia han llevado inherente un conflicto entre dos tendencias: una hacia la descentralización del poder y otra hacia su centralización. En el centro de las formas modernas de ese conflicto encontramos el concepto de nación y el principio de la autodeterminación de los pueblos.

ARTÍCULO
19 Lagunas altoandinas y puneñas de Catamarca
Diego Frau, Patricia Marconi y Yamila Battauz
En el altiplano catamarqueño, entre los 3000m y los 5000m sobre el nivel del mar, abundan las lagunas de cuenca cerrada o lagunas endorreicas, con aguas de mayor o menor salinidad y pobladas por microorganismos del fitoplancton y del zooplancton que proporcionan alimento a poblaciones de aves de especies exclusivas de esos inhóspitos ambientes.

ARTÍCULO
25 Edición genética
Breve historia del desarrollo de la genética en medicina
Víctor B Penchaszadeh
La edición genética por CRISPR/Cas9 es un nuevo método que está revolucionando la biología y la medicina. Se lo utiliza para modificar en forma dirigida la información contenida en el ADN de los seres vivos. El artículo discute sus fundamentos técnicos y sus posibles repercusiones éticas, sociales, económicas y políticas.

ESPACIO INSTITUCIONAL DEL CONICET
30 Ciencia en tu vida

ARTÍCULO
35 Perezosos *ma non troppo*
Alberto Boscaini
El nombre 'perezosos' se aplica tanto a enormes mamíferos americanos de especies extinguidas hace miles de años como a pequeños mamíferos arborícolas que hoy habitan las selvas tropicales centro y sudamericanas. Si bien los hábitos de conducta que la denominación evoca son apropiados para describir a los segundos, no lo son en absoluto para los primeros. Ambos grupos, sin embargo, pertenecen a la misma línea genealógica, que también integran los armadillos y los osos hormigueros. Los estudios paleontológicos procuran aclarar la historia evolutiva de estos animales.

CIENCIA EN EL MUNDO
41 Premios Nobel

ARTÍCULO

50 Un tsunami no reconocido en Mar del Plata

Rubén A Medina, Walter C Dragani y Roberto A Violante

El viernes 22 de enero de 1954, diarios locales y nacionales publicaron la noticia de que olas gigantes –término usado tanto por *La Nación* como por *Clarín*– se habían abatido el día anterior a eso de las 11 de la mañana sobre las playas marplatenses, en ese momento con alta concurrencia de bañistas. Si bien los periódicos tendieron a designar el fenómeno –que solo duró unos minutos– con el término maremoto, un informe oficial descartó que hubiese sido tal cosa. ¿Qué pasó realmente y qué explicación pueden dar los oceanógrafos y geólogos en la actualidad?

CIENCIA Y SOCIEDAD

57 Aroma y percepción del sabor de los alimentos

Mariano Di Rubbo, Lucas Alul, Fernando Mendoza y Anahí Cuellas

Si bien el gusto que le sentimos a la comida estaría en principio determinado por el sentido del sabor, uno de los cinco sentidos que nos enseñaron en la escuela primaria, las cosas no parecen tan sencillas, pues otros factores, en adición a la percepción del sabor, intervienen en determinar el gusto de la comida. Así, diferentes estudios, incluyendo uno realizado por los autores, mostraron que estímulos olfativos, auditivos, visuales y táctiles, es decir aroma, sonidos, color y textura, pueden modificar el gusto que les sentimos a los alimentos, lo cual suele ser tomado en cuenta por la industria de comidas y bebidas para presentar sus productos.

61 Índice del volumen 27

30 años de Ciencia Hoy

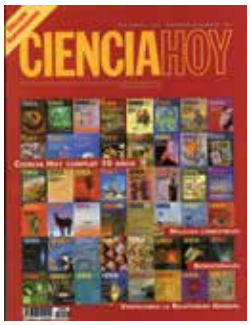
En diciembre de 1988 se presentó en el Palais de Glace el primer número de Ciencia Hoy. Su portada reproducía la pintura *Modulaciones* de Julio Le Parc, quien en ese momento exponía obra en el mismo lugar. *Modulaciones* fue elegida para ilustrar el artículo en el que Carlos Balseiro y Francisco de la Cruz, del Centro Atómico Bariloche, describían el entonces novedoso y todavía actual fenómeno de la superconductividad en altas temperaturas críticas.

El primer editorial expuso las razones que llevaron a la creación de la revista y los principios que guiarían su política editorial. Esos principios mantienen su vigencia. Ciencia Hoy divulga al público no especializado temas relacionados con todas las ramas de la ciencia y la tecnología. Pretende tener calidad literaria, gráfica y artística para transmitir la idea de que los resultados de la ciencia son bienes culturales valiosos y que informarse sobre ellos es una experiencia enriquecedora. Intenta modificar la difundida noción de que la ciencia es algo que únicamente se realiza en otras partes del mundo.

Ciencia Hoy es también una revista de opinión, en cuyas páginas se discuten con independencia de criterio y pluralismo de enfoque cuestiones vinculadas con la ciencia y la tecnología en la Argentina y en el resto del mundo. En sus editoriales se empeña en lograr que se reconozca la importancia de la ciencia para el desarrollo del país, y también que se advierta que la promoción de la ciencia por entidades públicas o privadas solo genera resultados socialmente valiosos si se ajusta a criterios de mérito –determinados por el juicio de los pares– y se realiza mediante procedimientos abiertos y transparentes. En sus secciones 'Ciencia y sociedad' y 'Opinión' la revista analizó con frecuencia cuestiones vinculadas con lo anterior y con la responsabilidad social del científico y del administrador de la ciencia. Estos asuntos fueron adquiriendo cada vez más importancia debido a la creciente incidencia de los complejos productos de la ciencia y de la tecnología en casi todos los aspectos de la vida cotidiana.

Los primeros diez años de Ciencia Hoy no fueron fáciles. Diciembre de 1988 precedió al difícil verano de 1989; fueron meses de cortes de luz, del inicio de la hiperinflación y de intentonas de sublevación militar, incluida la del copamiento de La Tablada. A poco de aparecida la revista, se produjo un cambio de gobierno que ocasionó traumáticas turbulencias en el sector científico-tecnológico y afectó a Ciencia Hoy, ya que la revista fue blanco de injustificadas e infundadas agresiones por parte de algunas de las nuevas autoridades que actuaron en dicho sector. Su supervivencia en condiciones frecuentemente muy adversas no hubiera sido posible sin la tozuda decisión de quienes la pusieron en marcha y se empeñaron en llevar adelante la revista, los cuales, además –podemos dar fe–, ni en los peores momentos consideraron la posibilidad de cesar definitivamente su publicación.

Esta actitud tuvo un invaluable apoyo en la lealtad de autores y lectores, la cual determinó que Ciencia Hoy nunca careciera de artículos ni de público. También creyeron en Ciencia Hoy las empresas que mantuvieron su publicidad en la revista. Durante los primeros años fue crucial el apoyo de un conjunto de instituciones públicas argentinas, en particular, la Universidad de Buenos Aires, la Universidad Nacional de La Plata, la Comisión Nacional de Energía Atómica, el Conicet, la Secretaría de Ciencia y Tecnología. Con el pasaje del tiempo, contribuyeron decisivamente a la supervivencia de Ciencia Hoy y al cumplimiento de sus objetivos la decisión en 1997 del Ministerio de Cultura y Educación de la Nación de distribuir la revista en más de siete mil establecimientos de enseñanza media de todo el país, y la comprensiva actitud de la Comisión Nacional de Bibliotecas Populares,



que desde el inicio de la revista adquirió y distribuyó a las bibliotecas de su jurisdicción los sucesivos volúmenes encuadernados. Igualmente fueron importantes en la etapa inicial las ayudas proporcionadas por organismos extranjeros e internacionales, como la Agencia Sueca para la Cooperación con el Desarrollo (Sarec), la Organización de los Estados Americanos (OEA), la Oficina Regional para la Ciencia y la Tecnología de la Unesco y la Academia de Ciencias del Tercer Mundo. Y el proyecto no hubiera sobrevivido sin la importante contribución que durante los primeros tres años realizó la Fundación Antorchas.

Las reflexiones sobre los treinta años de Ciencia Hoy quedarían incompletas si no se mencionara que, dos años después de iniciar la publicación de la revista, la Asociación Ciencia Hoy decidió embarcarse en el establecimiento y la gestión de lo que llamó Red Teleinformática Académica (RETINA). Su objetivo inicial fue ofrecer a los miembros de la comunidad académica local la posibilidad de comunicarse entre sí y con sus colegas del resto del mundo mediante el correo electrónico, aún muy poco conocido y solo disponible a precio cuasi prohibitivo. A este se agregó en una segunda etapa el aprovechamiento de otras posibilidades ofrecidas por las redes de computadoras, principalmente el acceso a internet. Ambos recursos resultaban entonces crípticos para el público y desconocidos para muchos científicos, en especial para los ajenos a la electrónica y disciplinas conexas.

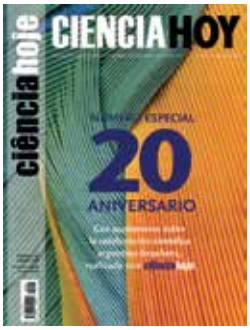
Lo que define la particular identidad de nuestra revista es que Ciencia Hoy no es una publicación científica sino de divulgación: no es un órgano hecho para que los investigadores den a conocer a sus pares el resultado de sus trabajos, sino para que se entere de ellos –por lo menos en sus grandes líneas y sin entrar en tecnicismos– el público medianamente curioso. En una palabra, el destinatario primordial del esfuerzo editorial no es el autor sino el lector. La revista nunca se cansa de pedir a los esforzados autores que recuerden esa circunstancia cuando procesan sus textos, porque una de las invariables y más delicadas tareas editoriales es pasarlos del estilo propio de las revistas científicas, en el que están acostumbrados a escribir, al estilo adecuado para un órgano de divulgación.

Hay otro concepto que es oportuno recordar, sobre todo en estos momentos en que los medios masivos de comunicación suelen presentar un solo aspecto de la ciencia y la tecnología modernas, a saber, su capacidad de servir como motores del desarrollo socioeconómico, de la innovación, de la mayor productividad y de la creación de riqueza. Ese otro concepto es que el conocimiento tiene un valor intrínseco que excede su utilidad práctica y su potencialidad económica. La ciencia siempre fue parte del patrimonio inmaterial de las sociedades avanzadas de cada momento y, en ese carácter, es un bien cultural a ser preservado, multiplicado y puesto a disposición del público. En el siglo XXI, más que nunca, la ignorancia de los avances científicos ahonda las desigualdades de los pueblos que la padecen.

Ayudar a entender que la investigación científica avanzada no está fuera del alcance del mundo académico local es también parte del encuadre general en que la revista realiza su tarea de divulgación. La ciencia de punta no es algo que solo se hace en los Estados Unidos, en Europa o en el Japón: muchas disciplinas se cultivan creativamente entre nosotros, por personas que aprendieron la profesión científica en estas tierras, la ejercen en ellas y son reconocidas como pares por los líderes mundiales de sus respectivas ramas.

A lo largo de estos treinta años mucho cambió en Ciencia Hoy, pero se preservaron la inspiración y los objetivos fundacionales. Con el paso del tiempo, la modificación de las circunstancias externas y la experiencia que hemos ido adquiriendo hicieron variar el énfasis puesto en diferentes facetas de esos propósitos, y se fue ajustando la manera de cumplirlos. Si se comparan los primeros con los últimos números, se podrá advertir la importancia de esos cambios, tanto en el diseño gráfico como en el estilo de los artículos, que pasaron de una redacción más cercana a la de textos científicos a una que procura estar más al alcance del lector no especializado. También se agregaron secciones en las que no se pensó al comienzo, como 'Ciencia en el aula' o 'Ciencia en la cocina', y 'Grageas'.

Los editores quieren aprovechar esta breve nota de aniversario expresando gratitud a varios grupos de personas, que se indican colectivamente porque son demasiado numerosas para nombrar en forma individual. Merecen reconocimiento, además de los fundadores, los sucesivos integrantes de las comisiones directivas de la Asociación Ciencia Hoy y de los comités editoriales de la revista, por el tiempo y esfuerzo que dedicaron sin remuneración material alguna a la tarea de una institución de bien público sin fines de lucro. Merece un lugar único en esta expresión de gratitud nuestra colega brasileña *Ciência Hoje*, cuya colaboración fue definitoria en nuestros tiempos iniciales. Merecen un enorme agradecimiento los cientos de autores que contribuyeron con sus escritos, su paciencia y su dominio de las más variadas discipli-



nas académicas a que, número tras número, hubiese material de buena calidad científica para publicar, lo mismo que los revisores o árbitros a quienes recurrimos para garantizar esa calidad. Merecen ser recordados los avisadores, los organismos públicos y las fundaciones que apoyaron la revista. Y últimos en la enunciación, pero por cierto no en importancia, los lectores, cuya fidelidad y confianza han proporcionado un crucial sustento material y moral a lo largo de estos treinta años.

Que todas esas personas aportaran sus ideas, su trabajo voluntario y su tiempo para que la empresa saliera adelante; que ocuparan cargos de la comisión directiva y del comité editorial, escribieran los artículos, actuaran como árbitros anónimos de los manuscritos presentados e integraran sucesivos comités científicos asesores, sin excepción ad honórem, constituye un poderoso motivo de satisfacción y orgullo.

En adición, la tarea editorial se vio beneficiada por la participación profesional de personal administrativo, procesadores y correctores de textos, diseñadores e impresores, en carácter de empleados o contratistas externos, a quienes agradecemos personificando en alguien que para muchos es la cara actual de la revista: Paula Blanco, la secretaria del comité editorial, que contesta el teléfono, responde los mails, transmite las opiniones del comité editorial y hace milagros para dejar a todos contentos.

Queremos, sin embargo, hacer una excepción a no mencionar nombres, por la magnitud de su influencia en la vida de Ciencia Hoy: Patricio J Garrahan (1937-2011), médico, investigador en biofísica, profesor emérito de la UBA e investigador superior del Conicet, que contribuyó a definir y expresó con particular lucidez los propósitos y esfuerzos comunes. Presidió la institución por dieciséis años e integró el comité editorial por veinte. Imprimió a la Asociación Ciencia Hoy y a la revista muchos de sus valores, que constituyen nuestro más precioso patrimonio, que tenemos la responsabilidad de conservar, fortalecer y transmitir a nuestros sucesores.

Celebramos los primeros treinta años con 162 números bimestrales, en los que unos 1500 científicos (en su mayoría argentinos) publicaron unos 1800 artículos. La mirada al futuro, propia de todo aniversario institucional, siempre incluye ideas de renovación y proyectos que marcan nuevos rumbos. Entre estos se cuenta, en primer lugar, la concreción de un viejo anhelo: sacar una revista paralela para niños. Al ver la luz esta entrega de Ciencia Hoy aparece el décimo número de la revista Chicos. Asimismo, tenemos en avance un análisis de la factibilidad de usar el medio electrónico para incrementar la difusión del mensaje y el contenido de la revista, incluido el diseño de una nueva página en internet, que está en marcha. Hemos comenzado a poner en valor el enorme capital acumulado en forma de un valioso stock de artículos publicados que cubre el espectro completo de las ciencias; para hacerlo, estamos recopilándolos en volúmenes temáticos, de los que han aparecido los primeros tres, *Ciencias del mar*, *Ciencias agropecuarias* y *Ciencias antropológicas y sociedades precolombinas*. Un reciente acuerdo de reciprocidad de publicación de artículos con la revista francesa *La Recherche* nos coloca en un interesante sitial de reconocimiento internacional.

Igual que en su historia pasada, esos proyectos dependen de que encontremos la forma de financiarlos, una tarea que nos ocasionó más de un dolor de cabeza en todos estos años y seguramente seguirá ocasionándolos en el futuro. Pero a cada dolor de cabeza siempre siguió un alivio: tuvimos avisadores que se mantuvieron incólumes durante prácticamente todo el treintenio, como el grupo empresario Techint; el lugar de la desaparecida Fundación Antorchas fue ocupado en distintos momentos por renovados apoyos del Conicet y de los ministerios de Educación y de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, y en tiempos más recientes el programa de Mecenazgo de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, por un camino novedoso en nuestro medio, sumó su valioso aporte. Como telón de fondo y fuente de fortaleza, estuvieron presentes en forma permanente los lectores, cuya fidelidad y confianza proporcionaron un crucial sustento material y moral a lo largo de estos treinta años. ¡Feliz aniversario!

La producción de Ciencia Hoy, que dirige el comité editorial, se encuadra en el marco institucional que le proporciona la asociación civil sin fines de lucro del mismo nombre, gobernada por una comisión directiva controlada por dos revisores de cuentas y, en última instancia, por la asamblea de socios y por la Inspección General de Personas Jurídicas. Durante el período presidieron la institución Roberto Perazzo, del 16 de mayo al 31 de diciembre de 1989; Patricio Garrahan, del 1 de enero de 1990 al 3 de diciembre de 1993; Juana Pasquini, del 1 de enero de 1994 al 31 de diciembre de 1995; Patricio Garrahan, del 1 de enero de 1996 al 31 de diciembre de 2007; Carlos Abeledo, del 1 de enero de 2008 al 31 de diciembre de 2009, y Pablo E Penchaszadeh, del 1 de enero de 2010 al presente. CH

Casi once años después de su creación, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva ha pasado a convertirse en una Secretaría de Gobierno, dependiente del Ministerio de Educación. En su momento, Ciencia Hoy interpretó la creación del ministerio como el signo de una política que avanzaría en dirección del anhelado deseo de convertirnos en un país que se apoye en la ciencia (y no que solo apoye a la ciencia, como decía Marcelino Cereijido). Decidida en un contexto de restricción presupuestaria que afecta severamente al conjunto de la actividad científica, la reciente degradación a Secretaría reaviva temores que no son nuevos en la comunidad científica. Como ejercicio de memoria transcribimos a continuación fragmentos del editorial de la revista publicado en diciembre de 2000-enero de 2001, que alertan sobre problemas de la administración y financiación de la actividad científica para los que todavía el país no ha encontrado solución.

La ciencia argentina: termina un año perdido y comienza uno incierto

Con la aparición de este número, el último del corriente año 2000, se completan el sexto volumen y doce años de vida de Ciencia Hoy. También el gobierno de la Alianza llega al fin de su primer año de gestión. La situación, pues, nos parece propicia para esbozar un balance de lo realizado en esos doce meses por los organismos nacionales que se ocupan de la ciencia y la tecnología, y así volver a examinar, con una mirada más general, un asunto que fue tema de todos los editoriales de los correspondientes seis números de la revista. Quien los relea en orden cronológico advertirá que su tono se hizo crecientemente crítico y su visión cada vez más negativa. Esta visión parece ser compartida, en una poco frecuente muestra de coincidencia, por casi todos los sectores del quehacer científico local, cuya reacción desfavorable llevó a que en el curso de 2000 el periodismo dedicara un espacio sin precedentes a los problemas de la ciencia en la Argentina.

Una explicación simplista del malestar de los científicos, que serviría de defensa fácil de las autoridades ante las críticas de las que son objeto, es sostener que las dificultades de la investigación son irremediable consecuencia de la deteriorada situación fiscal. Si bien no puede negarse la incidencia de este factor, no es la única causa de tales dificultades, ni siquiera la más importante. Más peso tiene, a nuestro juicio —y ello posiblemente sea lo que más alarme a los científicos—, la peligrosa asociación de la indiferencia imperante en las esferas más altas del gobierno acerca de la ciencia y la tecnología, con la falta de rumbo que se infiere de las políticas proclamadas y las acciones ejecutadas por los organismos oficiales del sector. Para muchos, las restricciones presupuestarias más que causa son consecuencia y prueba objetiva de la falta de interés oficial por el desarrollo científico. [...]

Es casi un lugar común decir que el principal sustento de la prosperidad de una nación, su posibilidad de participar con éxito en la economía globalizada y de proporcionar un nivel de vida adecuado a toda su población reside en su capacidad de producir, transformar y organizar el conocimiento. Si ella se pierde, es difícil lograr que un país sea un actor importante en la economía global e impedir la marginación de sectores amplios de su población. En ocasiones anteriores Ciencia Hoy ha sostenido que un sistema científico subfinanciado y arbitrario no desaparece sino que involuciona y se torna mediocre, inútil y refractario a toda mejora. En la Argentina se hace todavía investigación de calidad, que contribuye no solo a la empresa internacional de creación del conocimiento sino, también, al bienestar de la población. Para poder vivir en un país civilizado, por no decir moderno, esa investigación no puede abandonarse. La revista ha tratado de transmitir esta idea en los sesenta números que lleva publicados. Esperamos que las autoridades la entiendan y reemplacen su discurso errático y las más de las veces vacío por señales claras y objetivas de que, a pesar de las limitaciones impuestas por una difícil situación de las finanzas públicas, existe un genuino interés por que la ciencia sobreviva en la Argentina. CH

HACE 25 AÑOS en CIENCIA HOY

El amor, acrílico de Élida Bonet.

EL PROYECTO HUEMUL Y EL INFORME DE UN JOVEN FÍSICO

JORGE E TESTONI

EL Proyecto Huemul tenía por objeto desarrollar una nueva y extraordinaria fuente de energía en la Argentina de posguerra. Sin embargo, anomalías y denuncias llevaron al gobierno a investigar las actividades que se realizaban en la región de Bariloche. El informe de un joven físico, José A. Balseiro, fue concluyente y mostró hasta qué punto puede incidir una sólida formación científica cuando se deben tomar decisiones cruciales para la sociedad.

EL AJUSTE DE LA POBREZA O LA POBREZA DEL AJUSTE

LUIS BECCARIA Y PABLO VINOCUR

El deterioro de la situación económico-social que viene experimentando la Argentina desde hace casi veinte años podría aparecer como un caso más del proceso que abarcó a la mayoría de los países latinoamericanos. Sin embargo, tal panorama contrasta con el de principios de la década del 70, cuando la Argentina, junto con Uruguay, mostraba niveles de pobreza muy reducidos En el presente trabajo, que pretende contribuir al análisis de este proceso de aumento de la pobreza en el país, se subrayan sus peculiaridades y se señalan algunos fenómenos que habrían condicionado tal comportamiento

SIDA

Hace poco más de diez años el sida aparecía como una enfermedad circunscripta, en algunas ciudades de ciertos países industrializados, a varones homosexuales y a drogadictos. En la actualidad, afecta a hombres, mujeres y niños de todo el mundo, particularmente en los países menos desarrollados. Hacia el año 2000, según los cálculos más moderados, habrá entre 30 y 40 millones de personas infectadas con el HIV, agente responsable de la enfermedad, y el 90% de ellas pertenecerá al Tercer Mundo. Los autores de los trabajos que aquí presentamos reflexionan, más allá del aspecto particular considerado por cada uno de ellos en su aporte al conjunto, sobre la gravedad de la crisis y la necesidad de actuar de manera solidaria, venciendo temores y prejuicios, en la convicción de que el sida es un problema de todos.

IMPACTO DEL SIDA EN LA SALUD PÚBLICA
PEDRO CAHN

EL VIRUS DE LA INMUNODEFICIENCIA HUMANA
MARIA ELENA ESTÉVEZ

MANIFESTACIONES CLÍNICAS DEL SIDA
LAURA ASTARLOA

EL NIÑO INFECTADO CON HIV
M SUSANA RODRÍGUEZ Y LUIS A CARNIGLIA

EL PACIENTE HEMOFÍLICO Y EL SIDA
MIGUEL DE TEZANOS PINTO Y RAÚL P PÉREZ BIANCO

SIDA: ÚLTIMOS AVANCES
CHRISTIANE DOSNE PASQUALINI Y MARÍA MARTA E BRACCO

EL SIDA Y SU CONTROL EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE
MERCEDES WEISSENBACHER, ROXANE GONZÁLEZ Y FERNANDO ZACARÍAS

LA SITUACIÓN EN LA ARGENTINA Y EL URUGUAY

Visita nuestros archivos en www.cienciahoy.org.ar

LA CALIDAD DE LA LECHE

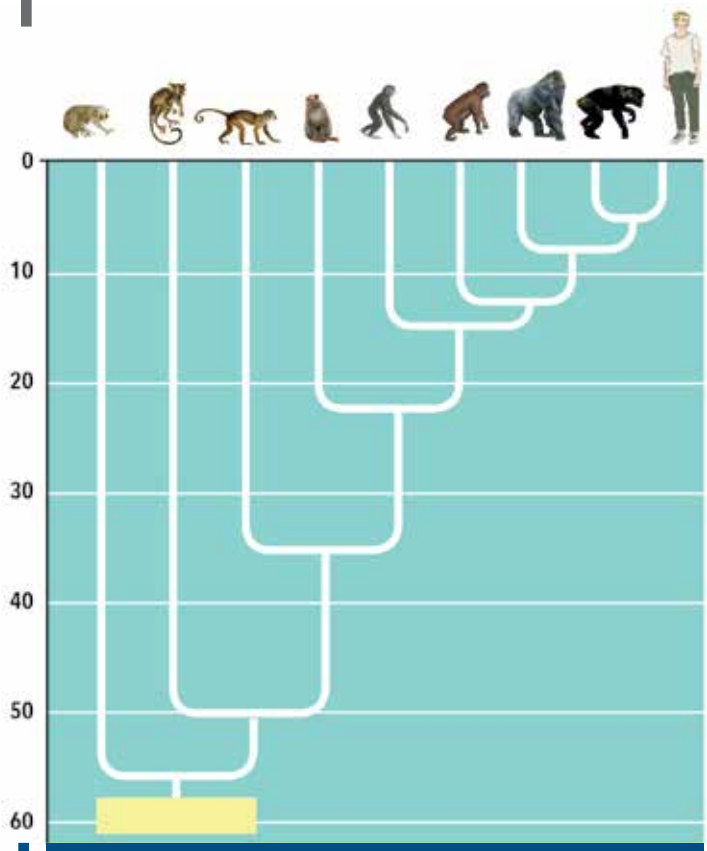
ANA MARÍA PEREYRA Y VIOLETA SONVICO

Estudios realizados a partir de muestreos mensuales obtenidos en tambos de la provincia de Buenos Aires tienden a demostrar que la calidad de la leche quedaría determinada por una combinación de los factores fisicoquímicos y microbiológicos considerados (grasa butirosa, proteína, lactosa, recuento celular, recuento bacteriano) y no por alguno de ellos en particular. Así, el recuento celular, que indica entre otras cosas la presencia o ausencia de mastitis, no da información precisa acerca de la calidad del producto.

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA PRODUCCIÓN DE ALUMINIO

OSVALDO A COBO Y ALFREDO J CALANDRA

Innovar en una empresa no consiste solo en adquirir bienes de capital, sino también en aplicar los más recientes conocimientos científicos y técnicos a los medios de los que ya se dispone. La empresa ALUAR, que durante los últimos años ha seguido esta modalidad al realizar innovaciones en su planta de producción de aluminio, acaba de recibir el premio Quinto Centenario a la Innovación Tecnológica (categoría grandes empresas) otorgado por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Quinto Centenario.



CLADISMO Y DIVERSIDAD BIOLÓGICA

JUAN J MORRONE, MARÍA M CIGLIANO Y JORGE V CRISCI

El cladismo, método que clasifica a los seres vivos por sus relaciones de parentesco, intenta reconstruir la historia de la vida sobre la Tierra. Se trata, además, de una herramienta útil para plantear estrategias de conservación de la diversidad biológica.

¿Descubrió ANITA algo nuevo?

El modelo matemático con el que los físicos representan actualmente los constituyentes últimos de la materia se denomina el *modelo estándar* de las partículas elementales. Fue desarrollado a lo largo de cuatro décadas y tuvo muchos aciertos, es decir, predicciones que luego se verificaron experimentalmente. La última de ellas fue la detección del bosón de Higgs en el Centro Europeo de Investigación Nuclear (CERN) en 2012.

Sin embargo, existe consenso en que el modelo estándar no puede ser la última palabra en la descripción del universo. Para empezar, no refleja los constituyentes, hasta ahora desconocidos, de la materia oscura, que da cuenta del 85% de la masa constatada indirectamente en el universo conocido. Tampoco contiene la fuente de la energía oscura que está impulsando la aceleración de la expansión universal.

Más allá de estas carencias, existen argumentos teóricos, como la ausencia de simetría y la enorme cantidad de parámetros que deben usarse para lograr que el modelo realice las predicciones que hace. Es decir, se objeta la estructura matemática y la complejidad del modelo.

El detector ANITA en la base antártica McMurdo. Consiste en un conjunto de antenas diseñado para sobrevolar el continente antártico en busca de las señales de radio que pudiesen emerger de un área de unos 1,5 millones de kilómetros cuadrados de hielos prístinos prácticamente libre de señales radiales de otro origen.

Por estas razones, entre otras, los científicos se han lanzado a la búsqueda de resultados experimentales 'más allá del modelo estándar', los que permitirían extenderlo para abarcar lo ya conocido que omite, e incluso predecir lo que no se conoce. Esta búsqueda, sin embargo, no ha dado hasta ahora demasiados resultados satisfactorios. De hecho, ninguno confirmado.

ANITA es un acrónimo que designa al experimento *Antartic Impulsive Transient Antenna*, una colaboración internacional conducida por la NASA. Diseñado en 2003, fue lanzado en 2006, y en su primera fase procura medir los rayos cósmicos de ultraalta energía, como los que mide el observatorio Pierre Auger en Malargüe, Mendoza. Cuando un rayo de ese tipo choca con un fotón de la radiación del fondo cósmico –una luz en la longitud de las microondas que permea todo el espacio y es el resabio más conspicuo del Big Bang– produce un neutrino de mucha energía que puede llegar a la Tierra. Si esa partícula atraviesa nuestro planeta y emerge por la Antártida, en los 3km de espesor de la capa de hielo que traspasa se generan pulsos de radio en la frecuencia de las microondas que es posible detectar. ANITA es un detector de tales pulsos que sobrevuela el continente antártico colgado de un globo a unos 37,5km de altura.

El 25 de septiembre pasado el equipo a cargo del detector anunció haber captado dos veces señales que no pueden ser atribuidas a partículas incluidas en el modelo estándar. Si bien el análisis de las señales que pudieron hacer fue exhaustivo, el número de ellas fue escaso. Pero los científicos consideraron que otro detector antártico de neutrinos, IceCube, situado en la base polar Amundsen-Scott, había identificado tres casos de señales anómalas. Cinco casos son, sin embargo, aún escasos, pero han despertado una intensa expectativa. La puerta ha quedado abierta para confirmar o refutar si estamos ante una nueva física o solo ante fallas de detección o interpretación. CH

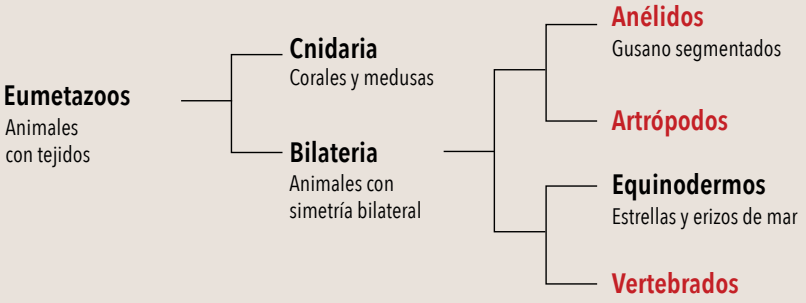
Más información en la página de ANITA (*https://www.phys.hawaii.edu/~anita/*) y en FOX DB *et al.*, 2018, 'The ANITA anomalous events as signatures of a beyond standard model particle, and supporting observations from IceCube', *arXiv*, 1809.09615, accesible en *https://arxiv.org/pdf/1809.09615.pdf*.

Aníbal Gattone
agattone@unsam.edu.ar

Colinealidad ancestral

En los seres vivos, un grupo de genes llamados *genes homeóticos* regulan el desarrollo de las estructuras anatómicas. De ellos los denominados *genes Hox*, conocidos desde hace poco más de un siglo, determinan que, en los animales con simetría bilateral, se produzca una organización corporal en segmentos a lo largo del eje que va del extremo anterior al posterior (de la cabeza a la cola en los vertebrados).

Así, el desarrollo de los sucesivos segmentos del cuerpo depende de la activación progresiva de los genes Hox responsables de cada segmento. Estos genes se encuentran ordenados en el genoma en la misma secuencia que los segmentos corporales que controlan, un fenómeno que se conoce como *colinealidad espacial*, presente tanto en vertebrados como en invertebrados segmentados, entre estos los artrópodos y los anélidos. Aun sin segmentos que diferenciar, equinodermos como el erizo de mar tienen genes Hox. Lo último llevó a algunos investigadores a pensar que, en el transcurso de la evolución, la colinealidad espacial de los genes Hox apareció en los invertebrados segmentados de manera independiente de los vertebrados.

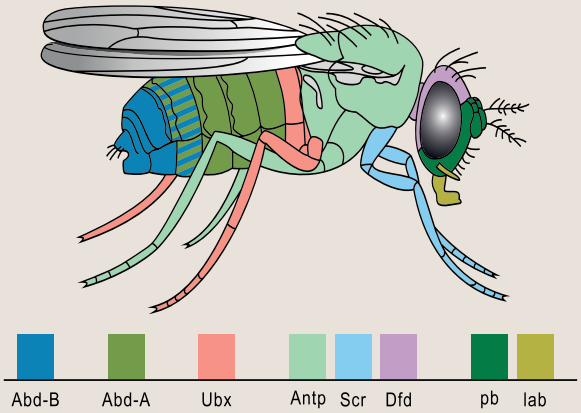


Relaciones genealógicas (técnicamente, *filogenéticas*) de los grupos de animales que interesan en esta nota. Los *Cnidaria* o cnidarios no tienen simetría bilateral, a diferencia de los *Bilateria* o bilaterios. En rojo, aquellos con organización corporal segmentada.

Un artículo publicado hace poco en *Science*, acerca de la actividad y organización de los genes Hox en la anémona marina *Nematostella vectensis*, reflotó el concepto de *zootipo*, una idea acuñada hace veinticinco años según la cual los genes Hox constituyen una característica común y distintiva de los animales.

Los cnidarios son el grupo de animales más antiguos que poseen genes homeóticos, y si bien no tienen simetría bilateral ni segmentación anteroposterior, poseen en su cavidad digestiva pliegues conocidos como bolsas gástricas. El artículo en cuestión mostró que estas estructuras repetitivas en lo que se denomina el *intestino primitivo* (por homología con una estructura embrionaria conocida como *primitive gut*) están definidas por la colinealidad espacial de los genes Hox. Este descubrimiento permite refinar la idea del *zootipo* y suponer que los genes Hox, y su particular forma de regulación, evolucionaron con la aparición de los pliegues epiteliales segmentarios que dan origen a las bolsas gástricas en el antepasado común de cnidarios y animales con simetría bilateral. CH

Anémona marina de la especie *Nematostella vectensis*, cuyos adultos suelen medir unos 1,5cm de largo. Foto Universidad de Viena



Los segmentos del cuerpo de una mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) regulados por ocho genes Hox representados por sendos colores. Wikimedia Commons

Más información en ARENDT D, 2018, 'Hox genes and body segmentation', *Science*, 28, 361 (6409): 1310-1311.

Federico Coluccio Leskow
fedocles @gmail.com

Manifestación popular antiseparatista en Cataluña.

Andrés Malamud
Instituto de Ciencias Sociales,
Universidad de Lisboa

Miguel De Luca
Instituto Gino Germani, UBA

Nacionalismo y autodeterminación de los pueblos

'Una nación es un conjunto de personas que se inventa un pasado común y odia a sus vecinos.' Esta ocurrencia, atribuida al clérigo inglés William Ralph Inge (1860-1954), sería graciosa si el nacionalismo no hubiese constituido la principal causa de guerras en los últimos dos siglos. Ideología política basada en el principio de que cada nación tiene derecho a formar su propio Estado, el nacionalismo alimenta dos fuerzas opuestas: de cohesión hacia adentro del grupo y de diferenciación hacia afuera. Hoy en día, el Brexit y el separatismo catalán son casos representativos –aunque por ahora pacíficos– de las fuerzas centrífugas que despierta este fenómeno. Su recurrencia alerta sobre las dinámicas de fragmentación que, cada vez menos subterráneas, vuelven a amenazar la paz mundial.

En 1945, cincuenta y un países fundaron la Organización de las Naciones Unidas: entre ellos había veinte latinoamericanos y cuatro africanos. Hoy integran la ONU 193 Estados independientes, de los cuales 20 son latinoamericanos y 54 africanos. ¿Qué pasó? En poco más de ochenta años, el número de Estados miembros casi se cuadruplicó por dos razones: la descolonización y la fragmentación de Estados preexistentes. Durante el siglo XX, la estabilidad de las fronteras latinoamericanas fue muy alta; en África, en cambio, pero también en Asia y Europa, hay millones de adultos que viven en un país cuyo nombre y límites son diferentes de cuando nacieron. Así, la retirada de los imperios europeos de África dio lugar a cincuenta nuevos países, mientras la implosión de la Unión Soviética generó quince repúblicas independientes a ambos lados de los montes Urales, que separan Asia de Europa. La multiplicación de Estados, sin embargo, no los ha tornado más homogéneos ni disipado los conflictos.

En estos momentos, España está integrada por diecisiete comunidades autónomas cuyas competencias varían. Dos tienen autonomía fiscal (Navarra y el País Vasco), cuatro poseen policía propia (Canarias, Cataluña, Navarra y el País Vasco) y un puñado posee una segunda lengua oficial, junto con el castellano (Baleares, Cataluña,

¿DE QUÉ SE TRATA?

Los acontecimientos políticos mundiales de las últimas dos décadas pusieron en crisis el concepto mismo de nación y dos nociones asociadas con él: nacionalismo y autodeterminación de los pueblos.

Galicia, Valencia y el País Vasco). Como señalaba el politólogo estadounidense Alfred Stepan (1936-2017), el federalismo existe más allá del modelo estadounidense. El federalismo español, tácito, plurinacional y asimétrico, tiene parecidos de familia con la *devolution* británica, una transferencia de competencias de gobierno y legislación a Escocia, Gales e Irlanda del Norte. También Italia, que concede a cinco de sus veinte regiones un estatuto de autonomía especial por sus particularidades históricas y lingüísticas, promovió en las últimas décadas el traspaso de atribuciones a las unidades subnacionales, y se alejó del modelo de gobierno unitario. Un patrón similar se repite en la mayoría de los países europeos, incluyendo los llamativos casos de las islas Feroe (un archipiélago danés en medio del Atlántico, a mitad de camino entre Noruega e Islandia, que no ingresó en la Unión Europea cuando lo hizo Dinamarca en 1973, y tiene selección de fútbol propia) y Groenlandia (que, sin independizarse de Dinamarca, dejó la Unión Europea en 1985). La soberanía absoluta, a todo o nada, es un concepto con cierta tradición doctrinaria pero escaso arraigo empírico.

En el siglo XVI, Jean Bodin (1530-1596), conocido en castellano como Juan Bodino, acuñó el concepto moderno de soberanía para describir al soberano o monarca como un gobernante no sujeto a las leyes humanas sino a la ley divina. Bodino consideró la soberanía como absoluta e indivisible pero limitada, ya que se ejercía en la esfera pública pero no en la privada, y sostuvo que se encarna en el gobernante, pero no muere con él: se perpetúa en el Estado que lo sobrevive. La interpretación del concepto se alteró a partir de 1648, cuando un conjunto de potencias europeas puso fin a la Guerra de los Treinta Años (1618-1648) mediante el tratado de Westfalia. Este impuso el principio *cuius regio, eius religio*, cuyo sentido es que en cada territorio la religión del rey sería también la de sus súbditos, les gustase o no les gustase a ellos o a sus vecinos.

Los derivados de este principio son tres: la soberanía de los Estados y su derecho a la autodeterminación, la igualdad legal entre los Estados y la no intervención de cada Estado en los asuntos internos de otro. El sistema político internacional contemporáneo deriva de aquel tratado y por eso se lo suele calificar de westfaliano.

En 1999 Stephen Krasner, académico de la Universidad de Stanford, identificó cuatro dimensiones de la soberanía estatal: la *soberanía doméstica* o autoridad del Estado en el interior de sus fronteras, con relación a su propia sociedad; la *soberanía interdependiente* o habilidad de las autoridades estatales de controlar los flujos transfronterizos de bienes, servicios, capitales y personas; la *soberanía legal* o reconocimiento jurídico de un Estado bajo el derecho internacional, y la *soberanía westfaliana* o exclusión de actores externos en la operación del sistema político doméstico. Esta formulación permite especificar con mayor precisión lo que los Estados pueden y no pueden hacer. Así, los más débiles suelen aparecer muy abajo en todos los rankings excepto en soberanía legal, mientras los más sólidos se posicionan mejor en varias dimensiones, pero

LAS ISLAS ÅLAND

Las Åland forman un archipiélago de unos 1600km² en el mar Báltico, en la entrada del golfo de Botnia, contiguo a Finlandia y separado por más de 30km de mar abierto de Suecia. Durante el siglo XIX y en la primera mitad del XX fueron disputadas por Rusia, Suecia y Alemania. Actualmente tienen unos treinta mil habitantes, más del 90% de los cuales reconoce al sueco como lengua materna. Políticamente, desde la década de 1920 son una región autónoma y desmilitarizada de Finlandia, con el sueco como único idioma oficial. Constituyen una de las diecinueve regiones políticas y administrativas de ese país, y tienen un estatuto que les asegura un grado de autonomía mucho mayor que las restantes. Ingresaron en la Unión Europea junto con Finlandia, pero por un referéndum celebrado en fecha distinta.

Mariehamn, capital de las islas Åland.

exhiben niveles altos de interdependencia, lo que disminuye su soberanía en ese aspecto.

¿De qué depende el tamaño de los Estados? En una obra citada entre las lecturas sugeridas, los economistas italianos activos en los Estados Unidos Alberto Alesina, profesor de la Universidad de Harvard, y Enrico Spolaore, de la Universidad Tufts, postulan una tensión entre dos factores: la escala y la heterogeneidad. La mayor escala conviene por razones económicas y de seguridad: cuanto más grande el Estado, más eficiente su mercado y más poderosa su defensa. Pero con el tamaño aumentan también las diferencias internas. Eso hace difícil tomar decisiones y puede deslegitimar, por presunta o real parcialidad, las normas colectivas. En consecuencia, el tamaño de los Estados resulta del equilibrio entre los beneficios de la escala y los costos de la heterogeneidad. Si una comunidad política es demasiado grande, las diferencias internas acaban quebrándola, como aconteció con la Unión Soviética, el virreinato del Río de la Plata y tantos imperios. Si es demasiado pequeña, serán fuerzas externas las que la destruyan o absorban, como ocurrió con las ciudades-estado griegas, los principados y las repúblicas italianas y Cataluña.

En Europa, la reconstrucción de la posguerra produjo una respuesta original a esta tensión con una fórmula simple: potenciar la escala por arriba y contener la heterogeneidad por abajo. Hacia arriba, agrandar: el mercado se integró en la Unión Europea y la defensa se puso en manos de la OTAN. Hacia abajo, achicar: las identidades particulares buscaron refugio en las regiones subnacionales, que les garantizaron privilegios simbólicos y materiales. Actualmente, la austeridad por arriba y el separatismo por abajo pusieron en crisis esta disposición.

La integración europea le dio el tiro de gracia a la concepción tradicional de la soberanía estatal. Hoy España, por ejemplo, no puede emitir moneda, firmar tratados comerciales ni imponer controles fronterizos. Alemania y Francia tampoco. Esas competencias fueron voluntariamente transferidas a la Unión Europea. Es así como, paradójicamente, para seguir siendo independientes los Estados europeos debieron en alguna medida dejar de serlo.

¿Qué sentido tiene crear más Estados si no pueden controlar su propia moneda, sus fronteras ni sus relaciones exteriores? Como afirma el politólogo catalán Josep Colomer, profesor de la Universidad de Georgetown, 'si los países ya no tienen soberanía, es absurdo pedir un nuevo ente similar'. Además, aun con menos soberanía, los países no ven con buenos ojos que nazcan nuevos: la Unión Europea –al fin y al cabo, un club de Estados– rechaza el separatismo unilateral.

El separatismo catalán, como cualquier nacionalismo, es identitario antes que ideológico: lo promueven tanto la rancia aristocracia como las organizaciones anarquistas. Lo mismo ocurre con la unidad española, sostenida por antiguos franquistas y por comunistas. Una resolución democrática del conflicto aparece inviable porque, para unos, deben decidir solo los catalanes, y, para otros, todos los españoles. ¿Quiénes votarían para decidir quién tiene derecho a votar? La definición de quiénes integran el pueblo, quiénes forman el *demos*, es siempre predemocrática, y siempre habrá quienes la consideren impuesta y no elegida.

FEDERACIÓN UNIDA DE PLANETAS

¿Podrá servir el federalismo como herramienta para la cooperación y la paz? Es el supuesto que subyace al universo de series y películas *Star Trek* –'Viaje a las estrellas' para los hispanohablantes–, que presenta a una Federación Unida de Planetas como una de las grandes potencias de la galaxia. La federación fue creada en el año 2161 a iniciativa de los miembros fundadores, los planetas Tierra, Telar, Vulcano y Andoria, para terminar con un prolongado conflicto entre los dos últimos. Posee una Carta –informalmente conocida como Constitución–, una presidencia con oficina en París (ciudad terrestre), un consejo legislativo integrado por delegados de todos los planetas federados, también con sede en la Tierra, en San Francisco, y una Corte Suprema de Justicia. Además, tiene una agencia con funciones científicas, diplomáticas y de defensa denominada Flota Estelar.

En el marco de los principios generales de la federación, las poblaciones de los 150 planetas y más de mil colonias que la integraban hacia 2373 mantenían su propia organización política, tradiciones, culturas, ritos y creencias. Existía, por lo tanto, una extendida tolerancia entre los habitantes de las unidades federadas y eran comunes las bodas mixtas.

La federación planetaria resultó un excelente ejemplo de cómo, bajo los valores de libertad e igualdad, fue posible compartir el conocimiento y los recursos, y establecer una cooperación pacífica en materia de defensa y de exploración del espacio. Pero pertenece al mundo de la ficción. En el mundo real, existieron federaciones y confederaciones en diversos momentos y lugares, algunas con corta vida y otras que subsisten en el presente, como la Confederación Helvética (nombre oficial de Suiza), los Estados Unidos, México, Brasil, Alemania y la Argentina.

Ante estas situaciones suele abogarse por el principio de la *autodeterminación nacional*, esbozado por primera vez a mediados del siglo XIX y ya en la agenda internacional al finalizar la Primera Guerra Mundial (1914-1918). Tanto Lenin como Woodrow Wilson, el presidente estadounidense, lo defendieron para rediseñar el mapa de Europa y, por extensión, del mundo. El concepto era que los pueblos no debían ser gobernados por nadie sin su consentimiento. Pero, de nuevo: ¿cómo se determina quién compone el pueblo que se autodetermina?

Edificio del Parlamento Europeo en Estrasburgo, con las banderas de los países integrantes de la Unión.

El politólogo estadounidense Joseph Nye, profesor de la Universidad de Harvard, que fue funcionario del gobierno del presidente Bill Clinton, argumenta que el principio de autodeterminación resulta éticamente ambiguo. Wilson creía que traería estabilidad a la Europa central, pero Hitler lo usó en la década de 1930 para debilitar a los nuevos Estados de la región. Cuando la autonomía no es suficiente, existe la posibilidad de un divorcio amigable, como el que escindió a Checoslovaquia en dos Estados soberanos. Pero los reclamos de autodeterminación absoluta son más proclives a originar violencia. Antes de invocar la autodeterminación como principio ético, sugiere Nye, conviene aplicar una versión diplomática del juramento hipocrático *primum non nocere* (ante todo, no dañar).

Aunque en el caso checoslovaco salió bien, los referendos conllevan mucho peligro. Al producir ganadores y perdedores absolutos y decidir por todo o nada, pueden profundizar un conflicto antes que resolverlo. Si los derrotados consideran que el resultado afecta sus derechos, o que han sido vencidos por una mayoría desinformada o circunstancial, el problema no se soluciona. Con suerte se posterga; sin ella, se agrava. Hacen falta procedimientos en

CONFLICTOS DE LOS BALCANES EN EL CINE

Entre 1991 y 2001, la antigua Yugoslavia, integrada entonces por las repúblicas de Eslovenia, Croacia, Bosnia-Herzegovina, Montenegro, Serbia y Macedonia, resultó escenario de una sucesión de sangrientos conflictos. Ellos fueron desencadenados principalmente por diferencias étnico-culturales y religiosas de larga historia, más factores políticos y económicos. Un puñado de películas filmadas con diferentes miradas por directores de distintas procedencias resulta provechoso para reflexionar sobre antecedentes, acontecimientos y consecuencias de esta tragedia balcánica: *Tito i ja* ('Tito y yo'), del serbio Goran Marković, 1992; *Pred doždot* ('Antes de la lluvia'), del macedonio Milcho Manchevski, 1994; *Podzemlje* ('Underground'), del serbio Emir Kusturica, 1995; *Lepa sela lepo gore* ('Bonito pueblo, bonita llama') del serbio Srđan Dragojević, 1996; *Harrison's Flowers* ('Las flores de Harrison') del francés Élie Chouraqui, 2000; *Grbavica* ('El secreto de Esma') de la bosnia Jasmila Žbanić, 2006; *Ničija zemlja* ('Tierra de nadie') del bosnio Danis Tanović, 2001, y *Zvizdan* ('Bajo el sol'), del croata Dalibor Matanić, 2015.

Desmembramiento de la antigua Yugoslavia, nacida con la desintegración del imperio austrohúngaro en 1918.

Manifestación independentista en Escocia.

que los resultados no sean de suma cero, como en el referéndum, sino de suma positiva: que todos puedan ganar algo con la condición de que cedan algo. Si votar lastima, solo queda negociar.

En 1640, catalanes y portugueses se rebelaron contra el reino de Castilla: los primeros con el apoyo de Francia, los segundos con el de Inglaterra. Madrid, más preocupada por la amenaza francesa, concentró sus recursos en recuperar su región oriental. Hasta hoy, en la rica Cataluña se envidia el destino del modesto pero independiente Portugal. Por eso, sus ansias de independencia atrasan cuatrocientos años.

Pero atrasado no significa imposible. El Brexit, la salida en curso de Gran Bretaña de la Unión Europea, es otra manifestación de las fuerzas centrífugas que desgarran al Viejo Mundo. En su magistral *Historia del siglo XX*, refiriéndose a casos como el de Cataluña y el del norte de Italia, el historiador británico Eric Hobsbawm (1917-2012) habló de un 'egoísmo colectivo', concepto que también puede aplicarse al Brexit: regiones ricas en las que los contribuyentes buscan separarse de las menos prósperas, a las que consideran una carga. Si estas dinámicas centrífugas no se revierten, las crisis no solo estarán reflejando el pasado sino adelantando el futuro del continente. Y con él, el colapso de un proyecto que había prometido la superación del nacionalismo y el fin de las guerras. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ALESINA A & SPOLAORE E, 2003, *The Size of Nations*, MIT Press, Cambridge MA.

CLOSA C (ed.), 2017, *Secession from a Member State and Withdrawal from the European Union*, Cambridge University Press.

COLOMER JM, 2006, *Grandes imperios, pequeñas naciones*, Anagrama, Barcelona.

KRASNER S, 1999, *Sovereignty. Organized hypocrisy*, Princeton University Press.

LINZ JJ, 2008, 'Nación, Estado y lengua', en *Obras escogidas*, vol. 2, Centro de Estudios Políticos y Constitucionales, Madrid.

SMITH AD, 2000, *The Nation in History. Historiographical debates about ethnicity and nationalism*, Polity Press, Cambridge UK.

WATTS RL, 1999, *Comparing Federal Systems*, McGill-Queen's University Press, Montreal. Traducción castellana: *Sistemas federales comparados*, 2006, Marcial Pons, Madrid.

Andrés Malamud

Licenciado en ciencia política, UBA.
Doctor en ciencias sociales y políticas, Instituto Universitario Europeo, Florencia.
Investigador en el Instituto de Ciencias Sociales, Universidad de Lisboa.
amalamud@ics.ul.pt

Miguel De Luca

Doctor en ciencia política, Universidad de Florencia.
Investigador adjunto del Conicet en el Instituto Gino Germani, UBA.
migueldeluca@yahoo.com

Paisaje del Balcón de Pissis en el área de Tinogasta (subsitio Ramsar sur). En segundo plano, la laguna Verde.

Diego Frau, Patricia Marconi y Yamila Battauz
Instituto Nacional de Limnología, Santa Fe, y Fundación Yuchan, Salta

Lagunas altoandinas y puneñas de Catamarca

Oasis en el semidesierto cordillerano

El altiplano de Catamarca tiene unos 38.000km^2 y alturas que oscilan entre los 3000m y los 5000m sobre el nivel del mar. Es una extensión atravesada por cordones montañosos dispuestos en dirección N-S, con abundancia de volcanes que a menudo superan los 6000m de altura y con formaciones arcillosas entre las que existen depresiones en las que aparecen lagunas de aguas con mayor o menor salinidad.

La zona tiene clima árido, frío y seco, con una amplitud térmica diaria que puede rondar los 40°C, y precipitaciones anuales de entre 100mm y 300mm concentradas en verano. El suelo es típicamente pobre en materia orgánica, lo cual, sumado a las inclemencias climáticas, determina la presencia de vegetación adaptada a la sequedad y al alto contenido de sal, con una fauna asociada en la que se destacan los camélidos sudamericanos silvestres –vicuñas y guanacos–, si bien hay otros animales terrestres menos visibles para el visitante, como pumas y zorros andinos.

Hay lagunas y lagos salados en todos los continentes, incluida la Antártida. Son propios de situaciones en las que la evaporación supera a las precipitaciones. Entre los más conocidos están los mares Caspio y Negro, entre Europa y Asia, y en la Argentina, la enorme laguna Mar Chiquita, en Córdoba, y en Catamarca, las lagunas Grande, Purulla y Carachi Pampa, que tienen más de 200ha cada una. Históricamente, debido a las dificultades de acceso y a las inclemencias climáticas, estos ambientes han recibido menos atención por parte de los ecólogos que otros sistemas acuáticos continentales, a pesar de su elevado valor científico, paisajístico e incluso económico.

¿Cómo aparecen las lagunas de altura y por qué contienen agua salada? La respuesta está en el proceso de su formación, muy diferente del de lagunas de tierras bajas vinculadas con ríos de llanura. El clima altoandino, en especial la temperatura, las escasas precipitaciones y la ele-

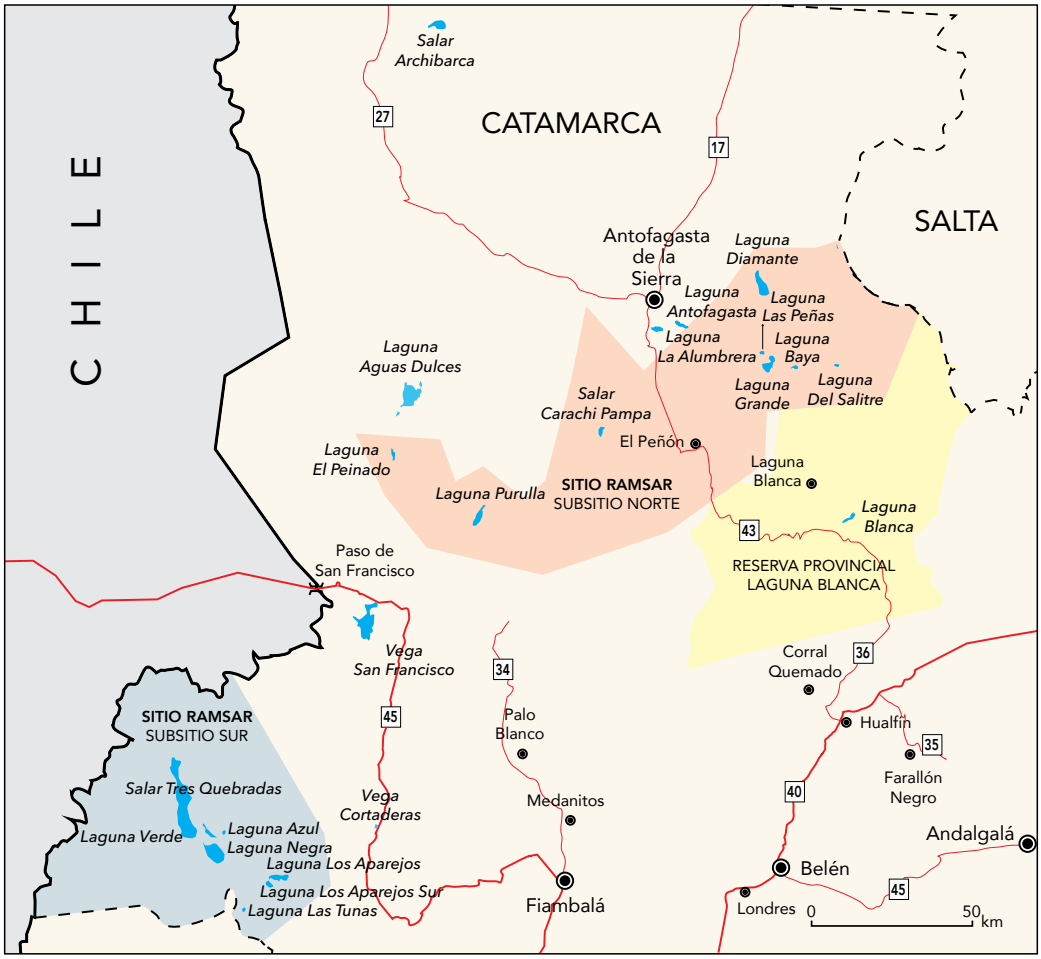
¿DE QUÉ SE TRATA?

Un área andina de 1,2 millones de hectáreas, incluida en la convención internacional para la protección de humedales o convención Ramsar con el nombre de 'Lagunas altoandinas y puneñas de Catamarca', tiene elevado valor científico, paisajístico e incluso económico.

vada tasa de evaporación son los principales factores que originan la diferencia. En Catamarca la topografía conforma cuencas cerradas o *endorreicas*, generalmente circulares, a cuyas zonas deprimidas fluye el agua caída como granizo, nieve o lluvia. En su recorrido erosiona las rocas y el suelo, y acumula sales minerales –como sulfatos, carbonatos y boratos–, las que, con la evaporación, adquieren alta concentración en el agua.

Las variaciones de pendiente del terreno y la topografía determinan que el contenido de sal en estas lagunas sea muy variable. En Catamarca pueden encontrarse cuerpos de agua con muy baja concentración de sal (menos de 1g/l) y otros con una carga salina elevada (35g/l, que es el valor medio del agua el mar). Entre los limnólogos se habla de *lagunas subhalinas* si tienen disueltos en el agua menos de 3g/l de sal: no son frecuentes en el altiplano de Catamarca y suelen estar vinculadas con pequeños ríos o arroyos. Las lagunas La Alumbrera y Antofagasta, conectadas con el río Punilla, son de este tipo.

Más frecuentes son las *lagunas hipohalinas*, como la laguna Las Peñas, con un contenido de sal entre 3g/l y 25g/l, por lo común vinculadas con vegas, que son manantiales vegetados de agua dulce. Por encima de esos valores encontramos las *lagunas mesohalinas* (hasta 50g/l) y las *lagunas hiperhalinas* (más de 50g/l), ejemplos de las cuales son, respectivamente, las lagunas Carachi Pampa y Verde. En las más saladas, la sal no disuelta es arrastrada por el viento y se concentra en las riberas en forma de costras blanquecinas.



Subsitios norte y sur del sitio Ramsar 'Lagunas altoandinas y puneñas de Caramarca'. La reserva provincial Laguna Blanca no es parte del sitio Ramsar.

Vega San Francisco.

Laguna Las Peñas.

Casi todas estas lagunas son, además, muy someras: no suelen superar los 10cm de profundidad, por lo que es muy difícil que alberguen peces. En ocasiones, si la profundidad lo permite, tienen vegetación sumergida, y en zonas aledañas, pastizales adaptados a aguas y suelos salinos. No todas tienen agua de modo permanente, e incluso pueden llegar a secarse por completo y dejar a la vista extensos salares, como los de Tres Quebradas y Archibarca, en los que se encuentran minerales de importancia comercial, entre ellos litio, boro y potasio en forma de salmueras. Muchos humedales se secan o se congelan en invierno y quedan inaccesibles a la fauna.

A pesar de que las condiciones descriptas no parecen ideales para que se establezcan abundantes formas de vida, la evolución dio como resultado una rica variedad de especies, muchas de ellas exclusivas de estos ambientes (llamadas *especies endémicas*), que han desarrollado adaptaciones para sobrevivir en ellos. Entre las formas de vida más conspicuas se destacan las aves, de las que se puede citar una treintena de especies endémicas, como las gallaretas gigante (*Fulica gigantea*) y cornuda (*F. cornuta*), la guayata (*Chloephaga melanoptera*), la avoceta andina (*Recurvirostra andina*), la gaviota andina (*Larus serranus*), el tero serrano (*Vanellus resplendens*) y el pato puna (*Anas puna*). Posiblemente las aves de las lagunas de altura que resultan más llamativas para los visitantes sean los flamencos, que se desplazan, según la época del año, entre cuerpos de agua ubicados en tierras bajas como Mar Chiquita en Córdoba o Melincué en Santa Fe, y los de tierras altas, principalmente en Catamarca y Jujuy. Dos especies de flamencos son típicamente andinas: el flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*) y la parina chica o flamenco puna (*Phoenicoparrus jamesi*), mientras el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), más conocido en buena parte del país, vive de modo habitual a menos altura.

Inadvertida a la vista del ojo inexperto, estas lagunas también albergan abundante vida microbiana, constituida por organismos en su mayoría no distinguibles a simple vista que brindan alimento a muchas de las aves mencionadas. Se trata de microcrustáceos, como pulgas de agua y copépodos (parientes lejanos de los cangrejos y las langostas marinas), pero también algas microscópicas como las diatomeas, que tienen capacidad de realizar fotosíntesis, al igual que las plantas terrestres que conocemos.

Se destacan también en estos ambientes los *tapetes bacterianos*, que son colonias de bacterias frecuentemente presentes en los bordes de las lagunas, con vibrantes colores rojos, amarillos y verdes. En algunos sitios, entre las bacterias se distinguen *estromatolitos* o *microbiolitos*, estructuras bacterianas que parecen rocas, pero están formadas por seres vivos y van creciendo en sentido vertical generación tras generación. Cada estromatolito puede albergar distintas comunidades de esos organismos, diferenciadas a simple vista por su color.

Salar Tres Quebradas.

Lagunas altoandinas de Catamarca

Nombre del humedal		Altitud (m)	Sal (g/l)	Área (ha)
Subsitio Ramsar norte	Baya	4.200		
	Carachi Pampa	2.915	26,40	241,00
	Del Salitre	4.082		
	Diamante	4.388		
	Las Peñas	4.260	24,60	49,91
	Grande	4.100	9,80	312,53
	Peinado	4.100	40,91	184,00
	Purulla	3.500	19,34	487,40
Subsitio Ramsar sur	Azul	4.456	3,12	58,50
	Las Tunas	4.250		
	Los Aparejos	4.220	2,21	77,70
	Los Aparejos Sur	4.480	14,80	874,00
	Negra	4.250	86,88	2.942,00
	Verde	4.480	80,96	973,00
	Tres Quebradas	4.240		
Otras	Aguas Dulces	3.286	21,76	190,00
	Antofagasta	3.380	1,79	37,50
	Archibarca	4.100	48,53	49,80
	Blanca	3.200		
	Cortaderas	3.900	1,03	51,01
	La Alumbrera	3.250	2,02	50,03
	San Francisco	4.015	6,70	262,50

Los humedales incluidos en el cuadro fueron relevados por los autores, pero de algunos no obtuvieron valores de salinidad y extensión.

Las bacterias que forman dichos tapetes son al parecer muy similares a los primeros organismos vivos que habitaron la Tierra hace unos 3600 millones de años. Su estudio proporciona una ventana de observación de las condiciones de la Tierra primitiva, en la que también se cree que imperaban condiciones de extrema salinidad, fuertes cambios de temperatura y marcada sequedad ambiental.

Laguna Verde. Ubicada a 4480 metros sobre el nivel del mar en un área de prospección minera de litio.

Laguna Diamante.

Formaciones de estromatolitos en Laguna Negra.

Frágiles ecosistemas en peligro

La importancia ambiental de las lagunas altoandinas quedó reconocida con la incorporación de algunas de Catamarca, junto con salares, a la categoría de sitio Ramsar, nombre que alude a una convención internacional de protección de humedales cuyos detalles se pueden consultar

Sitios Ramsar en la Argentina

Sitio	ha
Bahía de Samborombón, Buenos Aires	243.965
Bañados del río Dulce y laguna de Mar Chiquita, Córdoba	996.000
Glaciar Vinciguerra y turberas asociadas, Tierra del Fuego	2.760
Humedal laguna Melincué, Santa Fe	92.000
Humedales del Chaco	508.000
Humedales de la península Valdés, Chubut	42.695
Jaaukanigás, Santa Fe	492.000
Laguna Blanca, Neuquén	11.250
Laguna de Llancanelo, Mendoza	65.000
Laguna de los Pozuelos, Jujuy	16.224
Lagunas altoandinas y puneñas de Catamarca (agrupadas en dos subsitios: norte y sur)	1.228.175
Lagunas de Guanacache, Desaguadero y Bebedero, Mendoza, San Juan y San Luis	962.370
Lagunas de Vilama, Jujuy	157.000
Lagunas y esteros del Iberá, Corrientes	24.550
Parque provincial El Tromen, Neuquén	30.000
Palmar de Yatay, Entre Ríos	21.450
Reserva costa atlántica de Tierra del Fuego	28.600
Reserva ecológica Costanera Sur, Buenos Aires	353
Reserva natural Otamendi, Buenos Aires	3.000
Reserva provincial Laguna Brava, La Rioja	405.000
Río Pilcomayo, Formosa	51.889
	5.382.281

Detalle de un estromatolito en el que los colores diferencian las diferentes comunidades de bacterias que alberga.

en *https://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-convencion-de-ramsar-y-su-mision*. El sitio Ramsar de dicha provincia, dividido en dos subsitios como lo indica el recuadro, incluye quince lagunas diseminadas en más de un millón de hectáreas. No obstante, los ecosistemas acuáticos y terrestres del sitio catamarqueño se han visto en la actualidad convertidos en escenarios de numerosas actividades humanas, más allá de las tradicionales realizadas en pequeña escala por las escasas poblaciones asentadas allí desde tiempos ancestrales. Entre las nuevas actividades de gran escala se destaca la minería. En el propio sitio Ramsar, en los salares Tres Quebradas y Carachi Pampa actualmente tiene lugar la prospección de litio, potasio, arenas silíceas y tierra de diatomeas. En cuencas adyacentes, se realiza prospección y extracción de oro, plata, cobre y litio. Las técnicas mineras pueden requerir la utilización de cianuro de sodio y ácido sulfúrico para separar esos metales de otros minerales, con el riesgo de que resulte liberado en forma accidental al ambiente natural. Además, todas las prácticas mineras tienen alta demanda de agua dulce.

Vicuñas en Laguna Blanca.

Flamencos andinos.

En los mercados mundiales, la demanda de litio para su uso en baterías, particularmente para autos eléctricos, ha crecido y sigue creciendo vigorosamente. En el altiplano de Catamarca, más el de Salta y zonas de Chile y Bolivia, se concentra el 83% de las reservas mundiales de litio, un área en la que están los principales sitios de alimentación y reproducción de los flamencos altoandinos, pues coincide con su distribución estival. Si bien el reemplazo de vehículos propulsados por combustibles fósiles por otros eléctricos representa una ventaja en cuanto a reducir las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero, en particular CO_2 y óxidos de nitrógeno, que destruyen la capa de ozono, tiene un costo ambiental por el hecho de que, para producir una tonelada de litio (necesaria para fabricar quince baterías de auto eléctrico) se requieren entre 1,3 y 2 millones de litros de agua. En esos ambientes el agua dulce no abunda: cubre menos del 1% de la superficie del altiplano de Catamarca y resulta fundamental para los asentamientos humanos y la subsistencia de los ecosistemas de altura.

Parinas chicas o flamencos puna.

El reducido número de estudios hidrogeológicos, geoquímicos y ecológicos realizados en este tipo de ambientes hace que la magnitud de las consecuencias de la minería en gran escala sea pobremente conocida. Por otro lado, en el actual contexto de cambio climático puede esperarse que en un futuro relativamente próximo los patrones de precipitaciones cambien, y que la demanda de agua dulce se incremente. Por ello, conocer estos ambientes y protegerlos se ha convertido en una responsabilidad de todos. CH

LECTURAS SUGERIDAS

FARÍAS ME, 2012, 'Microorganismos que viven en condiciones extremas en lagunas altoandinas', Ciencia Hoy, 21, 126: 26-33.

FLEXER V, BASPINEIRO CF & GALLI CI, 2018, 'Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing', *Science of The Total Environment*, 639: 1188-1204.

FRAU D *et al.*, 2015, 'Controlling factors in planktonic communities over a salinity gradient in high altitude lakes', *Annales de Limnologie. International Journal of Limnology*, 51: 261-272.

FRAU D *et al.*, 2015, 'Los flamencos altoandinos', Ciencia Hoy, 143: 32-38.

ISLA FI, 2010, 'El cambio climático global. Dos versiones del problema y una visión geológica', Ciencia Hoy, 117: 46-51.

WILLIAMS WD, 2002, 'Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025', *Environmental Conservation*, 29: 154-167.

Diego Frau

Doctor en ciencias biológicas, Universidad Nacional del Litoral.
Magíster en gestión ambiental de sistemas hídricos, Universidad de Cantabria, Santander.
Becario posdoctoral del Conicet en el Instituto Nacional de Limnología, Santa Fe.
diegofrau@gmail.com

Patricia Marconi

Doctora en ciencias biológicas, UBA.
Presidenta de la Fundación Yuchan, Salta.

Yamila Battauz

Doctora en ciencias biológicas, Universidad Nacional del Litoral.
Jefa de trabajos prácticos en la Universidad Autónoma de Entre Ríos.

Víctor B Penchaszadeh
Universidad Nacional de Tres de Febrero

Edición genética
Breve historia del desarrollo de la genética en medicina

Desde los comienzos del desarrollo moderno de la genética médica, en las décadas de 1960 y 1970 y hasta muy recientemente, los avances de esta disciplina se dieron principalmente en áreas dedicadas a la detección y el diagnóstico de enfermedades genéticas. De esta manera se llegaron a identificar alteraciones en el ADN de por lo menos 5000 genes que causan enfermedades hereditarias, como la hemofilia, el albinismo, la distrofia muscular y algunas formas de retraso mental, entre muchas otras. Estos conocimientos se han ido aplicando incrementalmente desde hace cincuenta años, por un lado, para diagnosticar trastornos congénitos tratables en recién nacidos, como la fenilcetonuria y la fibrosis quística del páncreas, y, por otro lado, para detectar la probabilidad de tener hijos afectados con trastornos genéticos, seguido de asesoramiento genético y opciones reproductivas voluntarias con el fin de evitar descendencia afectada (por ejemplo, diagnóstico genético prenatal o en el embrión previo a su implantación en el útero luego de fertilización asistida). Más recientemente, se han desarrollado pruebas genéticas para detectar variaciones en el ADN que permiten estimar el índice de riesgo de desarrollo futuro de enfermedades comunes con influencia genética, como cáncer y enfermedades cardiovasculares, así como diferencias en las repuestas a fármacos.

Los avances en el tratamiento de las enfermedades genéticas, en cambio, han sido mucho más lentos que las capacidades de diagnosticar y predecir. Si bien en la actualidad ya existen numerosos tratamientos y métodos para mejorar la salud y la calidad de vida en pacientes con centenares de enfermedades genéticas (trasplantes, cirugías, manejo metabólico y nutricional, reemplazo hormonal y enzimático, y muchos otros), el objetivo más imaginado y deseado de reemplazar un gen defectuoso por un gen sano ('terapia génica') ha tropezado con numerosas dificultades. Aunque el desa-

¿DE QUÉ SE TRATA?

La tecnología CRISPR/Cas9 permite editar la información contenida en el ADN de cualquier especie viva, incluida la humana, habilitando innumerables aplicaciones en salud, agricultura y ganadería, con repercusiones éticas, sociales, económicas y políticas extraordinarias.

rrollo vertiginoso de la genética molecular a fines del siglo XX incluyó capacidades de 'cortar' segmentos del ADN con enzimas de restricción, rearmar el ADN de maneras diversas ('ADN recombinante'), sintetizar segmentos específicos de ADN e introducirlos en células, su inserción en el genoma fue siempre azarosa y no siempre se conseguía expresión funcional de los genes insertados. Existían numerosos imponderables que hacían de la terapia génica una tecnología de eficiencia impredecible. Los numerosos problemas a confrontar incluían: a) que el método favorito de introducción de genes en las células por medio de vectores virales inactivados llevara a fracasos importantes como la falta de inserción del gen terapéutico en el genoma, la disrupción de otros genes y la aparición de transformaciones malignas; b) que, aun en casos de inserción en el genoma, los genes insertados no necesariamente cumplieran la función de transcripción y traducción para producir el polipéptido normal que le faltaba al paciente, y c) que la mejoría clínica de los pacientes fuera más la excepción que la regla. Las complicaciones de los ensayos clínicos (que incluyeron transformaciones malignas y muertes de participantes voluntarios) y el muy reducido número de enfermedades en que se pudo intentar terapia génica produjeron gran malestar entre investigadores y pacientes, y se llegó incluso a detener varios proyectos en curso.

Adelantos en las modificaciones dirigidas del ADN

Este panorama desalentador cambió radicalmente a comienzos de la década de 2000, gracias al descubrimiento de un mecanismo natural sumamente ingenioso que poseen las bacterias para defenderse de la invasión de virus. Explicándolo muy brevemente, se trata de la producción por parte de la bacteria de segmentos de ADN que se acoplan a secuencias complementarias del ADN del virus invasor y, con la ayuda de enzimas especiales, lo modifican de manera que inactivan al virus. Luego se descubrieron varias enzimas llamadas *nucleasas* capaces de cortar la doble cadena del ADN en sitios predeterminados, lo cual habilita la inserción en dicho sitio de un segmento de ADN diseñado en el laboratorio. Esto produce un cambio en la secuencia de bases y, por ende, en su información genética. El proceso de modificar secuencias de ADN de genes ha sido llamado *edición genética*. Si bien en la literatura especializada se está popularizando el término *edición genómica*, el autor opina que este término debiera utilizarse cuando las modificaciones se extienden a grandes sectores del genoma, cosa que aún es la excepción. Por lo tanto, en este artículo preferimos el término *edición genética* que se aplica más precisamente a lo que los laboratorios están haciendo en estos momentos.

Avizorando que los cambios producidos por la edición genética podrían tener objetivos de gran utilidad en diversos campos, los laboratorios de genética molecular se dedicaron al objetivo de modificar genes específicos de diferentes especies para aplicaciones diversas, que mencionaremos más adelante. Así, en pocos años se desarrollaron sistemas de edición genética novedosos y más eficientes que los anteriores. El más conocido se basa en la existencia a lo largo de la cadena de ADN de secuencias repetidas cortas, agrupadas e intercaladas, y que se leen igual en ambos sentidos (palindrómicos), de donde proviene el popular término CRISPR, que en inglés significa *clustered regulatory interspaced short palindromic repeats*. Estas secuencias son responsables de producir ARN que reconocen y se acoplan a secuencias complementarias de ADN. El otro descubrimiento clave fue la existencia de Cas9, una enzima capaz de asociarse con secuencias de ARN producidas por secuencias CRISPR del ADN y que, una vez ocurrido su ensamblaje con la secuencia complementaria del ADN objetivo, corta la doble cadena del segmento de ADN correspondiente, lo remueve y, como en los mecanismos naturales de reparación de ADN, lo reemplaza por otra secuencia diseñada en el laboratorio.

El descubrimiento de este sistema natural de producir cambios genéticos en segmentos del genoma abrió las puertas para producir diferentes sistemas CRISPR/Cas9 sintéticos con secuencias de ARN diseñadas 'a medida' para reconocer y modificar (editar) cualquier secuencia de ADN de interés de cualquier genoma. Esta capacidad ya se está aplicando ampliamente en biología y biomedicina, tanto en investigación básica en células y animales de laboratorio como en aplicaciones para producir 'mejoras' genéticas en biotecnología, agricultura, animales de granja, control de insectos, tratamiento de enfermedades genéticas y otras. Si bien es posible que aparezcan pronto otros sistemas de aún mayor eficacia y seguridad, el sistema CRISPR/Cas9 ya ha revolucionado el campo de la edición genética por su simplicidad, facilidad de síntesis, especificidad y eficiencia en editar secuencias de ADN y producir modificaciones genéticas específicas. El número de publicaciones científicas en estos temas ha aumentado en forma exponencial en los últimos años, así como las inversiones de capital para generar productos lucrativos, lo que ya está dando lugar a centenares de litigios sobre propiedad intelectual de métodos y aplicaciones. En ellos se enfrentan las principales universidades de los países de altos ingresos. En septiembre de 2018 la guerra de patentes por el méto-

do CRISPR, que en los Estados Unidos venía oponiendo al Broad Institute de MIT y Harvard a la Universidad de California, fue resuelta por el Tribunal Federal de Apelaciones a favor de los primeros, que podrán entonces capitalizar un mercado estimado en 5220 millones de dólares en 2025. Lamentablemente estas guerras de patentes solamente representan palos en la rueda del progreso de la ciencia para beneficio de la humanidad y en la que los países periféricos tienen poco para ganar.

Aspectos éticos y sociales

No cabe duda de que la humanidad está frente a uno de los grandes desarrollos científico-tecnológicos del siglo y que la edición genética llegó para quedarse, para crecer y para ser aplicada cada vez más en muchos órdenes de la vida. A la vez que esto es muy excitante, también es muy preocupante, sobre todo si pensamos que con esta tecnología (en última instancia, una especie de mutagénesis inducida y dirigida) el ser humano está adquiriendo la capacidad de modificar los genomas de todas las especies vivientes. Por eso, al igual que ante cualquier otro desarrollo tecnológico, es necesario estudiar cuidadosamente la edición genética en su justo valor y en un sinnúmero de aspectos, algunos de los cuales planteo seguidamente en forma somera para la discusión.

En primer lugar, no existe tecnología aplicada a seres vivos que sea completamente segura, eficaz y libre de efectos dañinos. Cuestiones como la seguridad, especificidad, precisión y certeza de la edición genética son lógicamente las que más atención y preocupación despiertan: ¿es tan certera como aparentemente luce? La edición genética está todavía en estado embrionario y aún no se conoce qué frecuencia de errores tiene, de qué dependen y cómo se pueden reducir. Publicaciones recientes sugieren que la ineficiencia de los sistemas de edición genética sigue siendo mayor de lo tolerable para su uso en el ser humano. La posibilidad de inducir cambios genéticos artificiales en cualquier especie, entonces, debe ser evaluada exhaustivamente, y no solo por sus efectos en la especie a la cual se aplique sino, también, sobre todos los seres vivos con los que esa especie interactúa.

En segundo lugar, deben definirse objetivos específicos para la edición genética, los que obviamente variarán de acuerdo con el organismo objetivo: en especies vegetales y animales no humanos puede existir, por ejemplo, interés en mejorar determinadas cualidades alimentarias, que demostradamente dependen de genes ya identificados. Determinar objetivos es fundamental y, en estos, distinguir motivaciones puramente económicas de otras de mayor peso ético y social.

En el plano de la salud humana, la edición genética ya se está aplicando en forma experimental sobre células somáticas para corregir genes que causan enfermedades monogénicas conocidas, como la anemia falciforme, la hemofilia y otras enfermedades hereditarias hematológicas. Estos experimentos por ahora se están haciendo *ex vivo* (sobre células extraídas del paciente y luego reintroducidas con el gen corregido), pero seguramente en un futuro cercano se desarrollarán técnicas para hacerlo *in vivo*. El éxito de estos experimentos significará un avance extraordinario sobre los protocolos antiguos de terapia génica e implicará la posibilidad de curación en centenares de enfermedades hoy incurables. Claro que ese progreso solo será posible si los avances científicos corren paralelos a medidas sociales y económicas que aseguren que los beneficios estén disponibles a toda la población y no, como ocurre actualmente con la mayoría de las nuevas tecnologías de salud (fármacos de diseño, métodos diagnósticos y terapéuticos), que se ofrezcan en el mercado a precios exorbitantes accesibles solo a las clases acomodadas, en flagrante violación del derecho a la salud y de principios éticos de equidad y justicia.

Desde el comienzo del desarrollo de la edición genética se discute sobre la conveniencia o no de incluir entre los objetivos hacer modificaciones genéticas en células germinales o en embriones previo a implantarlos en el útero luego de fertilización *in vitro*. Este es uno de los temas éticos más álgidos de la edición genética sobre el cual se están realizando reuniones internacionales de alto nivel entre científicos y legos para definir la pertinencia de experimentar con edición genética en células germinales o embrionarias. Por supuesto, hay posiciones diversas, que dependen de la legislación local o de aspectos éticos o culturales en cada país. Los pioneros en edición genética son los Estados Unidos, el Reino Unido, la Unión Europea y China, y las academias de ciencias de estos países están abocadas al estudio de los aspectos científicos, éticos y sociales de esta tecnología. Los países en desarrollo (exceptuando China, que es una categoría aparte) están mayormente fuera de juego en este tema. En el Reino Unido, por ejemplo, está permitido experimentar en embriones hasta el día 14 posconcepción, siempre que no sean implantados en el útero. En los Estados Unidos, la legislación federal solo abarca las investigaciones financiadas por el gobierno federal, mientras que cada estado tiene su legislación propia; la investigación financiada con fondos privados simplemente no está regulada por la legislación actual. China es donde existe la mayor liberalidad y de donde provienen la mayoría de los trabajos experimentales de

edición genética en embriones. Algunos de esos trabajos indican que la precisión, certeza y especificidad de la edición genética aún deja bastante que desear, e incluye errores de blanco (modificaciones de secuencias *off target*) con disrupción del gen objetivo y de otros genes. Además de estos problemas, se plantean serios reparos éticos a modificar las características genéticas en la descendencia, aun suponiendo que la tecnología mejore y pueda lograrse una precisión cercana al 100%. En efecto, la trascendencia del uso de esta tecnología para modificar la constitución genética de la progenie va más allá de la seguridad y los riesgos para la salud, sino que concierne a la dignidad y la autonomía de las personas y los principios de equidad, proporcionalidad y justicia.

Otro tema preocupante, y seguramente el más controvertido, es la perspectiva de que la edición genética eventualmente se utilice en el ser humano, ya no para tratamientos de enfermedades generalmente graves como son la mayoría de las enfermedades genéticas, sino para lo que se llama 'mejoramiento' (*enhancement*). La ideología del mejoramiento es que, si podemos usar edición genética para producir cambios genéticos que curen enfermedades, ¿por qué no usarla también para 'mejorar' caracteres como inteligencia, fuerza muscular, resistencia a infecciones y otros? La transición del uso de esta tecnología, pasando de objetivos loables como el tratamiento de enfermedades, a usarla en líneas germinales o embriones para generar modificaciones genéticas en la progenie, y finalmente aplicarla para mejorar características normales, se denomina 'pendiente resbaladiza', por la cual se pasa de objetivos éticos a objetivos francamente reñidos con la justicia, la equidad y la dignidad humana. El mejoramiento humano no puede sino desembocar en sociedades aún más injustas que las actuales, pues esas técnicas solo estarán al alcance de los ricos, lo que sería éticamente condenable en aras de la equidad.

Por otro lado, como la edición genética, al igual que la mayoría de las biotecnologías, estará en manos del mercado, que la promoverá independientemente de su utilidad o beneficios, existe el peligro de que su auge contribuya al determinismo genético y a la falacia de creer que la mejor manera de vivir es teniendo un genoma de 'diseño'. Lamentablemente, los exégetas del 'mejoramiento' olvidan convenientemente dos hechos incontrovertibles: 1) que la expresión del genoma es influenciada por mecanismos epigenéticos desde el medio ambiente en forma aún no bien conocida ni predecible, lo que implica que un mismo genoma no asegura el mismo fenotipo, y 2) que todas las características humanas supuestamente 'deseables' (¡concepto por demás subjetivo!), como la inteligencia y la fuerza muscular, no solo no garantizan felicidad y bienestar sino que dependen mucho más de la determinación social y ambiental que del genoma.

En conclusión, la edición genética es un desarrollo científico-técnico revolucionario cuyos beneficios dependerán en gran medida de la ingeniosidad de los científicos y de la capacidad de que una sociedad educada asegure que se utilice de manera ética, con normas alcanzadas por consenso democrático, y donde no prime el objetivo de lucro y los intereses del mercado. CH

LECTURAS SUGERIDAS

CHNEIWEISS H *et al.*, 2017, 'Fostering responsible research with genome editing technologies: A European perspective', *Transgenic Research*, 20 de julio, accesible en *https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28730514*.

DOUDNA JA & STERNBERG HA, 2017, *A Crack in Creation: Gene editing and the unthinkable power to control evolution,* Houghton Mifflin Harcourt, Boston.

NUFFIELD COUNCIL ON BIOETHICS, 2018, *Genome editing and human reproduction,* accesible en *http://www.nuffieldbioethics.org.*

SANTALÓ J y CASADO M (coords.), 2016, *Documento sobre bioética y edición genómica en humanos*, Edicions de la Universitat de Barcelona, accesible en *http://hdl.handle.net/2445/105022.*

THE NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, 2017, 'Engineering and Medicine', *Human Genome Editing: Science, Ethics, and Governance*, National Academies Press, accesible en *http://nap.edu/24623.*

Víctor B Penchaszadeh

Médico, UBA.
Posgrados en pediatría, Sociedad Argentina de Pediatría; salud pública y genética médica, Johns Hopkins University; y bioética, Universidad de Columbia.
Director del posgrado en Genética y Derechos Humanos, UNTREF.
victorpenchas@gmail.com

¿Cómo acercarte a la ciencia en tres pasos?

1visitá

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

2sumate

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

3seguinos

por Twitter a través de @nex_ciencia

nexciencia.exactas.uba.ar

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

En Catamarca

Desarrollan batería de litio para motos eléctricas

Investigadores del CONICET llevan adelante un prototipo que a diferencia de la batería de plomo ácido es más amigable con el medio ambiente, más liviano y rápido de recargar.

Por Sergio Patrone Firma Paz

América del Sur cuenta con el 80% de las reservas mundiales de litio, en Bolivia, Chile y Argentina, en forma de salmueras (agua con alta concentración de sal). La Puna Argentina (Catamarca, Salta y Jujuy) constituye el mayor reservorio de este mineral en Argentina. El litio es considerado como un recurso estratégico por su proyección futura, debido a que constituye un insumo imprescindible para la alimentación de energía en artefactos portátiles (teléfonos celulares, computadoras y demás), vehículos eléctricos (motocicletas, automóviles pequeños y medianos) y una amplia gama de tecnologías.

En este contexto, en el Centro de Física y Energía de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN) de la Universidad Nacional de Catamarca (UNCa) trabaja un equipo multidisciplinario liderado por el doctor Gabriel Correa, investigador adjunto del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Allí, en el Laboratorio de Sistemas Hidrógeno y Litio avanzan en una batería de litio más liviana y duradera que las baterías tradicionales. Además, desarrollaron una aplicación para teléfono celular que le indica al usuario si necesita una recarga. La batería es parte neural de la Moto Eléctrica Litio Catamarca (MeLICA) presentada el pasado mes de junio en la capital provincial.

Con el objetivo de colaborar con el desarrollo local y tratando de aportar soluciones concretas, Correa explica: "Teníamos la idea de demostrar que en Catamarca se pueden hacer cosas interesantes, y substancialmente, se trata de hacer la conversión de una moto eléctrica que usa baterías de plomo ácido, utilizando baterías de litio para su sistema de gestión. Trabajamos con sistemas integrados de generación de energía eléctrica mediante formas renovables". Cabe destacar que desde el año 2012 funciona el Centro de Investigaciones y Transferencia Catamarca (CIT Catamarca, CONICET-UNCa) con el fin de potenciar desarrollos regionales, y una de sus líneas de investigación apunta a energías renovables.

En este sentido, la doctora Rita Humana, responsable académica del proyecto e investigadora asistente del CONICET, quien se desempeña en la caracterización de materiales para electrodos de baterías de litio, sostiene: "Dependiendo de las características buscadas para los electrodos se seleccionan los precursores que se van a utilizar en la síntesis del material, éste se prepara y posteriormente se ensaya en un prototipo para evaluar su desempeño", explica la investigadora que tuvo su formación doctoral en el Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA, CONICET-UNLP).

Ciencia e Industria

Con la idea de vincularse con la empresa local SOL.Ar, que desde hace tiempo tenía ese requerimiento, los investigadores se ofrecieron para desarrollar un producto que pudiese ser útil y comercializable. De esta forma, se presentaron en la convocatoria de Universidades Agregando Valor de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) y obtuvieron el financiamiento.

Durante el desarrollo del proyecto, los científicos brindaron un Servicio Tecnológico de Alto Nivel (STAN) –herramienta de Vinculación Tecnológica del CONICET- sobre "Evaluación experimental de baterías ion litio y optimización de diseño" a la empresa mencionada. En este sentido, Alejandro Cometto, director de SOL.Ar celebró la vinculación con los investigadores e hizo hincapié en el valor agregado que genera el conocimiento. "Es importante desarrollar nuestras baterías ya que sería paradójico comprarlas importadas y que tengan litio catamarqueño", sostiene.

Ventajas de la batería de litio

La batería de litio está dentro de una valija –confeccionada con impresora 3D- que se puede desmontar de la motocicleta y conectar a la corriente eléctrica sin necesidad de que esté la moto cerca. Además, su tiempo de carga es la mitad del que se utiliza para las baterías de plomo, siendo como máximo de 4 h.

Otras de las ventajas con respecto a las baterías convencionales es que: brinda una mayor autonomía (40 km versus 20 km), su peso es considerablemente menor (11 kilos y medio versus 37 kg) y tiene una mayor vida útil (admite 2000 ciclos de carga versus 350).

"Desde la explotación del mineral hasta el uso de la batería es mucho menos contaminante el litio que el plomo", explica Tomás Falaguerra, ingeniero químico, becario doctoral del CONICET e integrante del equipo. Además, por poseer un sistema eléctrico MeLICA es una moto silenciosa, que no produce emisiones por combustión interna y su motor requiere menor mantenimiento que los motores convencionales.

A su vez, Luis López Arjona, estudiante de Ingeniería electrónica de la UNCa e integrante del equipo, desarrolló una aplicación para teléfonos celulares donde se puede chequear el sistema de gestión de la batería y sus indicadores: temperatura, voltaje, corriente y velocidad. En la actualidad, el prototipo se encuentra en período de pruebas de funcionamiento para garantizar la adecuación a estándares de seguridad en vehículos eléctricos. ■

El CONICET, el Hospital Italiano de Buenos Aires y el Instituto Universitario Hospital Italiano

Crean el Instituto de Medicina Traslacional e Ingeniería Biomédica

Con el fin de ampliar los horizontes para el desarrollo de la investigación y aportar nuevos conocimientos a la Medicina en Argentina.

En un acto celebrado en el Salón del Consejo del Hospital Italiano de Buenos Aires, autoridades del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), del Instituto Universitario Hospital Italiano (IUHIBA) y del Hospital Italiano de Buenos Aires (HIBA), inauguraron el Instituto de Medicina Traslacional e Ingeniería Biomédica (IMTIB) con el fin de impulsar el desarrollo científico y tecnológico a través de la investigación y la innovación.

Los principales objetivos del IMTIB son fomentar el avance de la ciencia y la tecnología con el fin de transferir los descubrimientos de la investigación básica y los desarrollos tecnológicos al cuidado de los pacientes, la comunidad y al sector productivo nacional; como así también integrar profesionales de la salud, de las ciencias exactas y naturales y de la ingeniería, entre otros.

Durante la inauguración, el doctor Alejandro Ceccatto, presidente del CONICET, destacó el logro de llegar a una Unidad Ejecutora tripartita y expresó: "Esta asociación prestigia a las tres instituciones involucradas y es una muestra más de un proceso de involucramiento directo y comprometido del CONICET en reforzar la Medicina Traslacional. Prácticamente tenemos en todos los grandes hospitales Unidades Ejecutoras comunes lo cual nos abre la puerta a que el conocimiento que se genera desde el Consejo en el área biomédica pueda tener una salida hacia usos concretos". A su vez, remarcó el trabajo multidisciplinar que se realiza desde la Ingeniería Biomédica.

Por su parte, el doctor Marcelo Risk, investigador independiente del CONICET y director del IMTIB, expresó que el flamante Instituto "va a permitir el trabajo multidisciplinario de distintos profesionales de la salud, de las ciencias exactas y naturales, y la ingeniería de forma de lograr soluciones en problemas de diagnóstico, tratamiento de enfermedades desde un punto de vista científico y tecnológico. La importancia de vincularnos con el CONICET es que nos da todo su apoyo, pero también tenemos el apoyo del Hospital Italiano de Buenos Aires junto con el Instituto Universitario". Y concluyó que "es una sinergia que tiene que ver con la investigación, con la solución de problemas para los pacientes y con la formación de nuevos recursos humanos".

Entre las líneas de investigación del IMTIB se encuentran: bioseñales, bioimágenes y bioinformática, enfermedades crónicas e ingeniería de tejidos en dermatología, epidemiología genética cardiovascular, inflamación del sistema nervioso central, ingeniería de tejidos en urología, programa de cáncer hereditario y reprogramación celular en diabetes mellitus, entre otras.

El IMTIB trabajará con recursos humanos altamente capacitados: estudiantes de grado, postgrado, becarios, especialidades médicas, doctorandos e investigadores.

Participaron de la inauguración, el doctor Fernán Quirós, vicedirector médico del HIBA, el doctor Marcelo Figari, rector del IUHIBA, y profesionales de dichos organismos. ■

De izquierda a derecha los doctores Figari, Risk, Ceccatto y Quirós. Foto: CONICET Fotografía.

Programa Nacional Ciencia y Justicia

Federico Arena: un filósofo del Derecho que estudia la discriminación agazapada en las decisiones judiciales

Además, el investigador del CONICET brinda una capacitación sobre Teoría de la Interpretación a agentes judiciales.

Por Cintia Kemelmajer

Una mujer da testimonio de la violencia sexual que sufrió de parte de su pareja pero los jueces del Tribunal, por alguna extraña razón, desestiman su testimonio o lo consideran poco creíble. "Eso puede deberse a muchas razones –asegura Federico Arena, abogado por la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) y doctorado en Génova-, pero probablemente tenga que ver con su condición de mujer: es parte de los prejuicios basados en estereotipos que en ocasiones los jueces tienen frente al testigo".

El ejemplo se desprende del estudio de sentencias Discriminación de Género en las decisiones judiciales, Justicia General y Violencia de Género, publicado en 2010 por la Defensoría General de la Nación. La explicación que da Arena, que también es investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), nace de sus propios estudios en el campo de los estereotipos que circulan en el mundo judicial, estudios que comenzó en 2014 y que cuatro años después, como miembro del Programa Nacional Ciencia y Justicia, expone como parte de las capacitaciones sobre teoría y técnicas de la interpretación que brinda a abogados, fiscales, autoridades máximas y agentes del sistema judicial.

Deconstruyendo la Justicia

En los albores de su vida académica, Arena cursó un doctorado en Filosofía del Derecho en la Università degli studi di Genova, Italia, que lo hizo conocer la "teoría de la interpretación", el segmento de la disciplina que se concentra en cómo identificar si un juez se equivoca cuando interpreta el Derecho: si está basando su decisión en las leyes o si su decisión puede estar ceñida a razones políticas. Siguiendo esa línea, Arena vislumbró que el estudio de los estereotipos agazapados detrás la interpretación de un juez podían iluminar el difuso campo de las decisiones que se toman a diario en los tribunales del mundo y de Argentina.

Pero, ¿qué son los estereotipos? Son generalizaciones: enunciados que atribuyen relaciones probabilísticas y pueden ser verdaderos o no. "Suelen ser modos un poco apresurados de asociar ciertos rasgos con grupos sociales", explica Arena. "Pueden ser positivos y negativos: cuando estereotipamos sostenemos que una persona tiene cierta característica por tener un determinado rasgo o pertenecer a un grupo social. Por ejemplo, que ´las personas asiáticas son buenas en matemáticas´, o ´los cordobeses son buenos humoristas´, pero también que ´los cumbieros son violentos´ o ´los chilenos son antipáticos´". Lo importante, sostiene Arena, es tener una base estadística que certifique todas esas aseveraciones. "Si yo digo que los asiáticos son buenos en matemáticas, tengo que hacer un test para saber si son realmente buenos, estadísticamente hablando".

La misma idea, pero traspolada al universo de lo judicial, implica estudiar si los jueces toman o no sus decisiones ejerciendo discriminación por el uso de estereotipos. "Mi investigación pretende identificar y sistematizar bajo cuáles criterios los jueces deberían considerar a un estereotipo rechazable o con base estadística no rechazable, dado que los criterios para saber cuándo un estereotipo es perjudicial o no son complejos", explica el abogado del CONICET.

En ese plan, Arena distingue dos modos de uso de los estereotipos: uno descriptivo y otro normativo. Decir "los italianos son buenos cocineros" es estereotipar para describir cómo son los italianos. "Esos estereotipos se pueden contrastar con evidencia empírica, para ver si es cierto que encontrarse con un italiano aumenta la probabilidad de encontrarse con un buen cocinero", explica el investigador del CONICET. Los estereotipos normativos, en cambio, son aquellos que imponen a los miembros de una categoría social un determinado rol. Ya no pretenden describir, sino normar o guiar el comportamiento. "Un ejemplo de eso –dice Arena- es el enunciado ´las madres deben ser amas de casa´: ahí no hay preocupación por el hecho de que saber si estadísticamente es cierto que hay una relación entre ser madre y ser ama de casa. Lo que está diciendo es que, si una mujer tiene hijos, tiene que ser ama de casa. Le está imponiendo un rol. Ahí la cuestión estadística no es tan relevante porque el estereotipo no pretende describir".

Lo que propone, en esos casos en los que no existe estadística o receta que pueda certificar los estereotipos, es analizar si se trata o no de generalizaciones opresivas. "Estudiar si la persona a la cual se le aplica el estereotipo se reconoce en esa norma, en ese rol que se le impone o no", explica Arena. Y da un ejemplo: "Mi identidad como Filosofo del Derecho involucra, entre otras cosas, el rol de publicar artículos. Así como por ejemplo el rol de un Lonco Mapuche es resolver conflictos dentro de la comunidad. Hay algunas normas que nos imponen roles en los cuales nosotros nos identificamos porque precisamente nos identificamos con este modo de actuar precisamente con esa identidad. Pero hay otras que son opresivas, que intentan imponernos de afuera un rol. Entonces, el estereotipo de las ´madres deben ser amas de casa´ es opresivo cuando se le impone a una persona que no se identifica en ese rol, que no considera parte de su identidad, por ejemplo, desarrollar esas actividades".

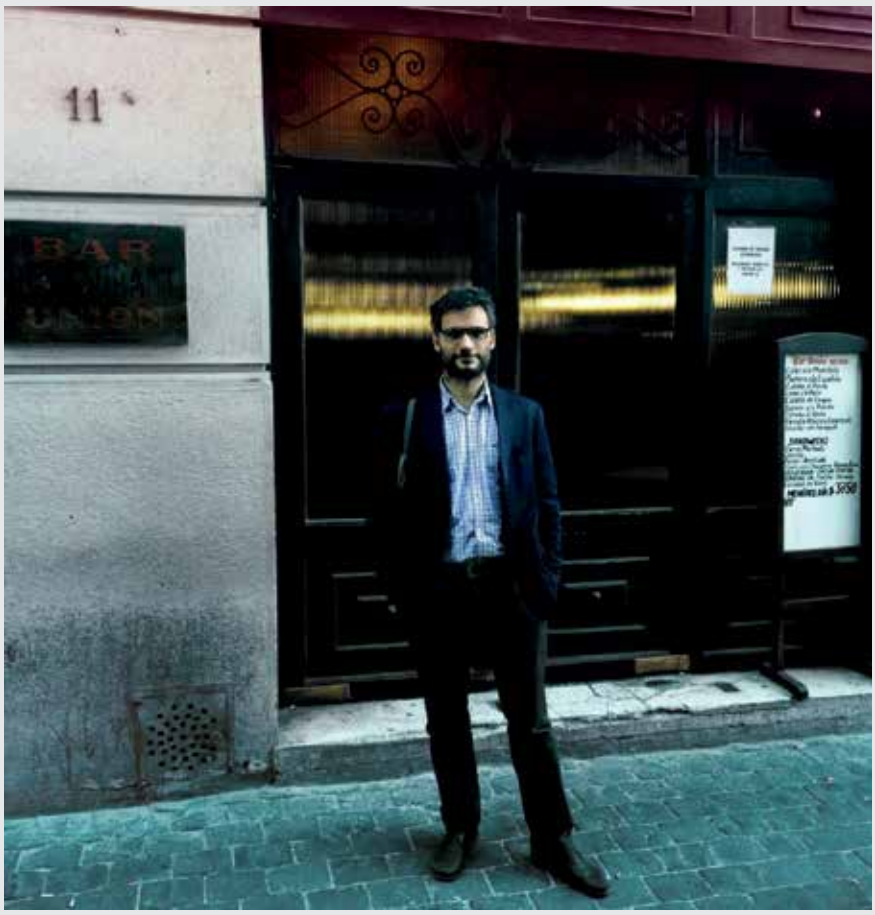
El lado luminoso

Si son correctos y tienen base estadística, los estereotipos tienen su lado positivo: en esos casos permiten tomar decisiones acerca de un individuo sin conocerlo completamente. "Si yo conozco una generalización según la cual los perros Bull Dog son peligrosos, aún si no sé si el perro que tengo frente a mi es peligroso, pero sé que es un Bull Dog: lo voy a tratar como peligroso. A veces eso funciona, pero si el Bull Dog pertenece a un tipo de perro que ha sido maltratado en el pasado, directamente en lugar de reaccionar sobre base del estereotipo, parece que hay razones para averiguar si ese Bull Dog es peligroso o no y tratarlo según sus propios rasgos y no sobre la base de una generalización", señala Arena. "A veces –agrega- el uso de las generalizaciones está justificado, pero a veces cuando se trata de grupos desfavorecidos -mujeres, personas de bajo estrato social u homosexuales- parecería que en lugar de recurrir rápidamente a una generalización es mejor decidir sobre la base de los rasgos o las propiedades del individuo".

¿Son muchos los estereotipos que operan en los casos judiciales? "Si –dice Arena-: hay muchos ejemplos. Quizá los más comunes son de extracción social y género". Arena cita ciertas sentencias de Estados Unidos, en las que muchos acusados de color negro sufrieron más pena que personas blancas, solo por sus rasgos de piel. "En esos casos, la ambigüedad da pie a que la gravedad de la pena varíe en torno a los estereotipos. Y no sólo sucede en la interpretación sino también en la valoración de la prueba –agrega-. Ahí es quizá donde tiene mayor incidencia: por ejemplo, en la credibilidad de los testigos". En ese vórtice aparece la discriminación contra la mujer que iluminó la Defensoría General de la Nación en su publicación de 2010.

Otro ejemplo similar es el caso español Gonzales Carreño, en el que una mujer se había separado de su marido y, a pesar de los testimonios que ella había brindado alegando que el marido era violento, al hombre le confirieron visitas para que la hija lo viera. En una de esas visitas, el marido mató a la hija y luego se suicidó. El caso, entonces, llegó al Comité para la Eliminación de la Discriminación contra la Mujer. "Ahí se advirtió que las decisiones de los jueces se habían apoyado en distintos estereotipos. Uno de ellos era que el padre debía tener contacto con los hijos y que la madre tenía que criarlos al separarse. Y también operó otro estereotipo: el de la credibilidad de la mujer como testigo. A partir de ese estereotipo que niega credibilidad a los dichos de las mujeres el juez duda de que efectivamente el hombre sea violento y otorga la visita. Ese es un caso paradigmático", indica Arena. En ese caso, a la mujer involucrada el Estado español deberá pagarle la indemnización que se le había negado durante veinte años.

Se le suele achacar a la Filosofía del Derecho que es una disciplina muy teórica y analítica, que ordena los conceptos que usan los juristas en sus sentencias, y en ese cúmulo de categorías se aleja de la realidad de lo que sucede en la práctica jurídica. "A veces es una crítica acertada –coincide Arena-: a los filósofos nos gusta estar sentados en el sillón y reflexionar". Aunque advierte: "A veces, sin embargo eso se debe también a la falta de material empírico para usar en las investigaciones conceptuales". Arena logró sortear ese camino errático a través de su estudio de los estereotipos. Para desarrollar su línea de investigación, se apoyó en bibliografía y lectura de sentencias en las que intentó e intenta identificar las técnicas usadas por los jueces, donde puedan estar involucrados estereotipos. También, en trabajos de Ciencias Cognitivas y Sociología acerca de cómo los estereotipos son adquiridos e influyen en nuestro comportamiento y en la relación con otros grupos. "Esos estudios me permitieron involucrar las herramientas analíticas con cuestiones empíricas, aprovechando ese caudal de investigación ya existente... y analizar conceptualmente a partir de resultados de investigaciones empíricas, metiéndome en el barro", advierte. "Porque en definitiva, estudiar los estereotipos –concluye- es un poco hacer gramática, deconstruyendo las decisiones, y también hacer terapia: sanar ciertos aspectos defectuosos del Derecho". ■



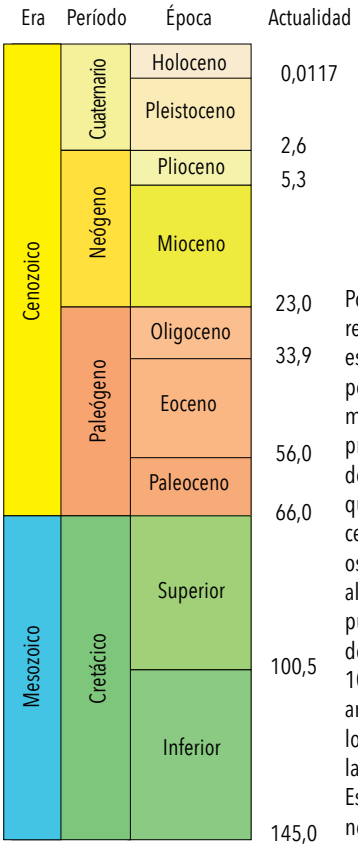
Perezoso tridáctilo en la selva de Costa Rica.

Alberto Boscaini
Instituto Argentino de Nivología, Glaciología
y Ciencias Ambientales (IANIGLA), Conicet

Perezosos *ma non troppo*

Los perezosos constituyen hoy un curioso grupo de mamíferos arbóreos que vive exclusivamente en las selvas tropicales de Centro y Sudamérica. Miden entre unos 60 y 80cm y pesan entre unos 4 y 8kg. Se desplazan diestramente por las ramas en búsqueda de alimento, pero con movimientos en extremo lentos; si caen a tierra se mueven con gran dificultad, pero son buenos nadadores. En lo alto de los árboles no suelen recorrer más de una veintena de metros durante las seis a nueve horas diarias en que no duermen allí mismo, y tienen correspondientemente un metabolismo también en extremo lento. Se piensa que esas características evolutivas los adaptaron a sobrevivir con una dieta vegetal poco calórica, compuesta sobre todo por hojas, y a que no los adviertan moverse predadores como jaguares, ocelotes y harpías. A lo último también contribuye el mimetismo que les da su pelaje, en el que vegetan en forma simbiótica con el animal y con insectos algas filiformes de color verde.

Los zoólogos clasifican a los perezosos actuales en seis especies pertenecientes a dos géneros: *Choloepus* y *Bradypus*. Los integrantes del segundo tienen tres garras en sus manos; los del primero, dos. Por esta razón se los llama respectivamente perezosos de dos y de tres dedos. Una especie, el perezoso bayo



Porción del tiempo geológico relevante para esta nota. Se estima que el linaje de los perezosos se originó por lo menos en el Paleoceno temprano, hace unos 60Ma, por desprendimiento de un tronco que también incluía a los ancestros de los armadillos y los osos hormigueros. Pero para algunos paleontólogos eso pudo haber sucedido a mediados del Cretácico, hace unos 100Ma. Y no está claro de qué ancestro común descienden los tres grupos. Tabla según la Comisión Internacional de Estratigrafía; valores en millones de años (Ma).

¿DE QUÉ SE TRATA?

A diferencia de sus homónimos actuales, los perezosos extinguidos no eran animales pequeños sino enormes, ni eran extremadamente lentos, ni vivían colgados de ramas en selvas tropicales. Recientes estudios sobre el oído y el cerebro de estos curiosos gigantes pretéritos arrojan luz sobre sus características.

(*Bradypus variegatus*), vivía en las selvas húmedas de montaña del noroeste argentino, de donde puede haber desaparecido. Estudios genéticos han revelado que *Bradypus* y *Choloepus*, a pesar de su gran semejanza, no son parientes demasiado cercanos, sino dos linajes que se separaron hace alrededor de 30 millones de años (Ma). De ello se infiere que sus singulares adaptaciones a la locomoción colgados de las ramas, únicas en el reino animal, emergieron independientemente en ambos géneros.

Los parientes actuales más cercanos a los perezosos son los osos hormigueros y algo menos cercanos los armadillos; con ambos forman un grupo de mamíferos solo presente en América conocido por *Xenarthra*, que data del temprano Paleoceno (66-56Ma). Algunos autores extienden esa cifra a 100Ma, en el Cretácico (145-66Ma), pero poco se sabe del origen del grupo y se desconoce su ancestro común. Los xenartros se distinguen del resto de los mamíferos por poseer articulaciones suplementarias en su columna vertebral, lo cual explica el nombre del grupo, que etimológicamente significa 'extrañas articulaciones'.

Los restos más antiguos de perezosos encontrados hasta la fecha tienen alrededor de 37Ma. Fueron hallados en territorio de Chile y Bolivia, lo cual para la mayoría de los paleontólogos indica que el grupo se originó en Sudamérica, aunque poco se ha descubierto sobre ese origen. A lo largo de esos 37Ma de historia existieron alrededor de no-

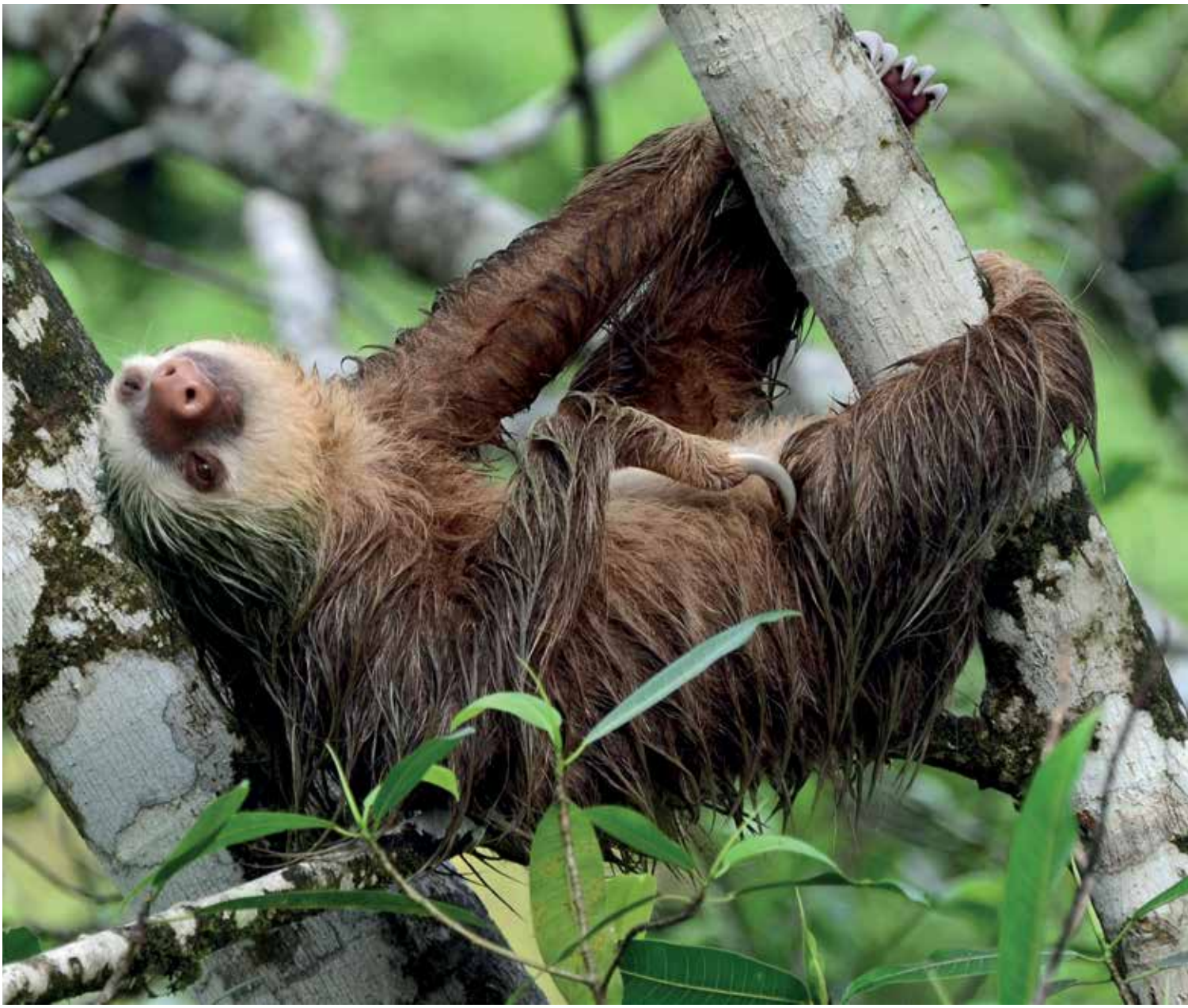
Perezoso bayo (*Bradypus variegatus*), especie tridáctila que solía habitar la nuboselva del noroeste argentino, de la que puede haber desaparecido. Foto Stefan Laube tomada en el lago Gatun, Panamá, Wikimedia Commons.

venta géneros de perezosos, una diversidad inmensa comparada con los dos géneros de hoy.

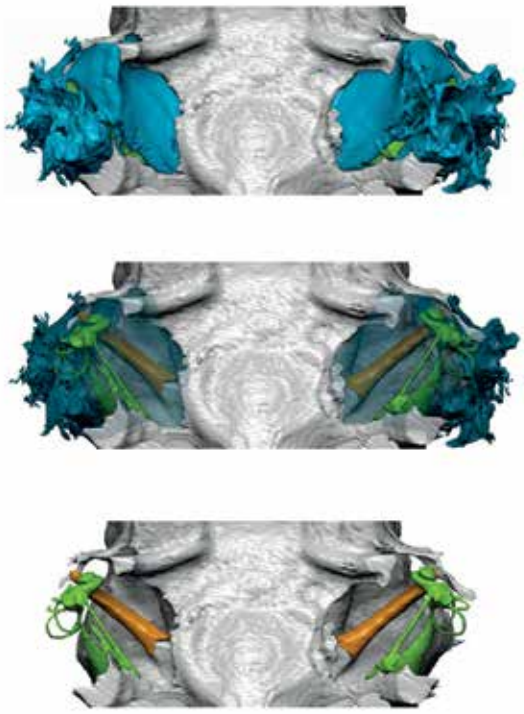
Los perezosos de pasadas eras geológicas diferían considerablemente entre ellos, si bien todos eran muy distintos a los actuales por su mayor tamaño y por sus hábitos locomotores. Eran principalmente terrestres y se desplazaban como lo hace la mayoría de los mamíferos actuales. Los había capaces de escalar paredes de roca y otros que nadaban en zonas costeras. Algunos de gran tamaño podían pesar tres o cuatro toneladas, un peso comparable con el de los actuales elefantes africanos. Colonizaron los nichos ecológicos más diversos del sur, el centro y el norte de América hasta tiempos muy recientes, incluso hace algunos miles de años, cuando la especie humana ya caminaba por este continente.

Durante gran parte de la era actual, en el Cenozoico (iniciado hace 66Ma), Sudamérica careció de unión terrestre con el resto de los continentes, lo cual la convirtió en un laboratorio evolutivo único donde la vida floreció en 'espléndido aislamiento', según palabras del paleontólogo estadounidense George Gaylord Simpson (1902-1984). Esa situación duró millones de años y arrojó una muy alta variación de formas de perezosos en el registro fósil.

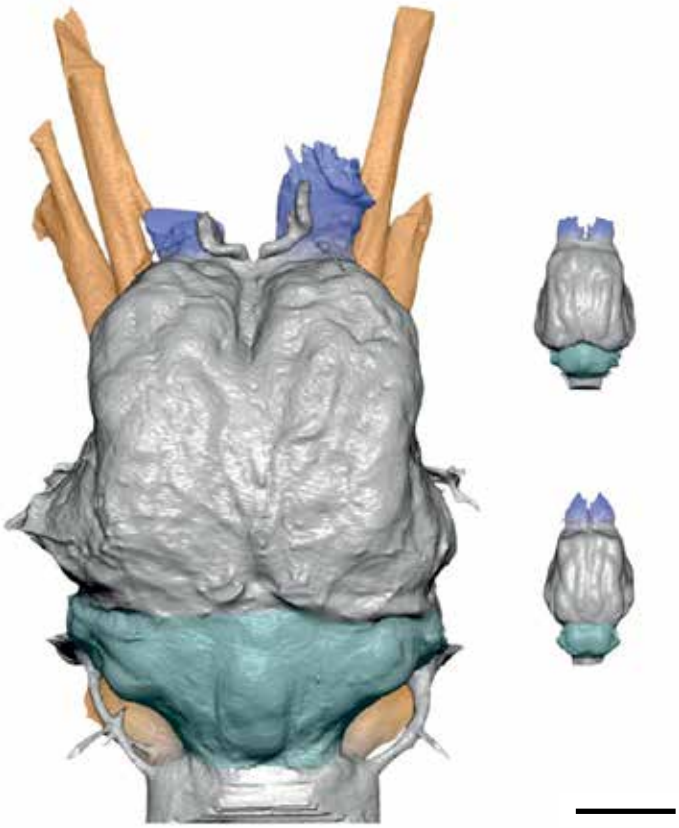
El éxito del grupo se evidencia en la variedad de nichos ecológicos que ocuparon sus integrantes y en la am-



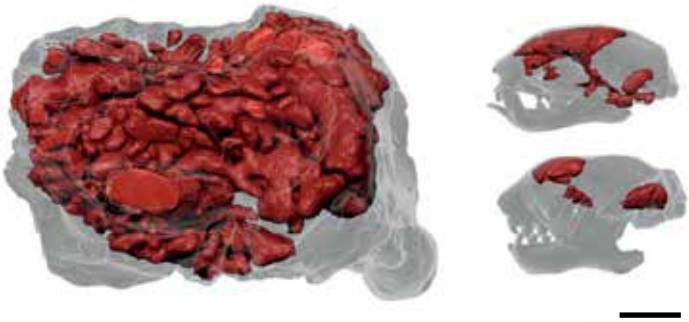
Perezoso de Hoffmann (*Choloepus hoffmanni*), especie bidáctila cuyo nombre rememora a Karl Hoffmann (1823-1859), médico y naturalista alemán establecido en Costa Rica. Foto Geoff Gallice tomada en la estación biológica La Selva, Costa Rica, Wikimedia Commons.



Reconstrucción digital del oído interno de *Glossotherium robustum*. La barra que da la escala indica 3cm.



Comparación de reconstrucciones digitales de la cavidad encefálica de *Glossotherium robustum* (izquierda) con las del perezoso de Hoffmann *(Choloepus hoffmanni*), arriba, y del perezoso bayo (*Bradypus variegatus*), abajo. La barra que da la escala indica 3cm.



Comparación de reconstrucciones digitales de los senos paranasales de *Glossotherium robustum* (izquierda) con los del perezoso de Hoffmann (*Choloepus hoffmanni*), arriba, y del perezoso bayo (*Bradypus variegatus*), abajo. La barra que da la escala indica 3cm.

plitud geográfica de su distribución. A lo largo de los últimos 10Ma, los perezosos migraron hacia el centro y el norte del continente americano. Con Sudamérica aislada, esas migraciones ocurrieron en forma restringida por el puente constituido por las islas del Caribe, pero alrededor de 3Ma atrás, como consecuencia de la formación del istmo de Panamá, se hicieron masivas. Fue cuando tuvo lugar el importante intercambio de faunas entre Sud y Norteamérica conocido por el *gran intercambio biótico americano*. En este episodio, los perezosos gigantes expandieron su área de distribución y alcanzaron latitudes elevadas del hemisferio norte, en el actual territorio de Canadá. Algo parecido hicieron marsupiales como las comadrejas, mientras otros grupos, como los cérvidos, efectuaron el recorrido inverso.

Hacia el final del Pleistoceno y comienzos del Holoceno (alrededor de 11.700 años atrás) los perezosos gigantes se extinguieron en el lapso de algunos siglos. Se puede pensar que eso fue consecuencia de cambios ambientales y quizá en alguna medida de su caza por los primeros grupos humanos que poblaron América. Fueron descubiertos para la ciencia occidental por los primeros naturalistas europeos que dirigieron su mirada a este continente, y objeto de investigaciones crecientes a partir del siglo XVIII. Así, a fin de ese siglo, Georges Cuvier (1769-1832) determinó que un fósil excavado en las orillas del río Luján en 1788 y enviado a Madrid pertenecía al mismo grupo que los perezosos actuales. Lo hizo sobre la base de algunas ilustraciones en una época en que la teoría moderna de la evolución no había nacido, y le dio el nombre de *Megatherium americanum*.

En su viaje a bordo del *Beagle*, un cuarto de siglo más tarde, Charles Darwin (1809-1882) encontró numerosos fósiles de perezosos en Sudamérica y los llevó a Londres, donde fueron analizados por el paleontólogo Ri-

chard Owen (1804-1892), quien publicó estudios de numerosas especies fósiles a mediados del siglo XIX. En las décadas siguientes muchos paleontólogos continuaron el trabajo de los anteriores, entre ellos, en estas latitudes, Florentino Ameghino (1853-1911), que no solo estudió gran número de perezosos sino, también, otros grupos de mamíferos sudamericanos extinguidos.

Las investigaciones continúan en nuestros días. Recientemente un grupo de paleontólogos brasileños halló no lejos de Porto Alegre túneles de más de dos metros de altura excavados por perezosos del Pleistoceno. Simultáneamente, en los Estados Unidos investigadores de ese país descubrieron en el White Sands National Monument, en Nuevo México, huellas de perezosos gigantes junto con huellas humanas, probablemente testimonios de una antigua cacería. También se encontraron huellas en la Argentina, como las de Pehuen Co-Monte Hermoso, aunque no se advirtieron huellas humanas asociadas con ellas.

Los estudios más recientes complementan las clásicas actividades de campo y de estudio morfológico con análisis mediante técnicas digitales, como tomografías computadas de los fósiles y la reconstrucción digital de estos. De esta manera se logran modelos de, por ejemplo, las cavidades internas de los cráneos (véase Trotteyn MJ y Paulina-Carabajal A, 'Paleoneurología', Ciencia Hoy, 27, 160: 37-41), y se consigue reproducir la superficie de piezas anatómicas como el cerebro.

Lo anterior se realizó con un cráneo de perezoso gigante pleistoceno de la especie *Glossotherium robustum*, conservado en el Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. La pieza había ingresado en la colección del museo poco después de 1900 y nunca fue estudiada, probablemente por el deterioro de su superficie exterior. Además del museo, que pertenece al Conicet, participaron en el estudio la Universidad La Sapienza, de Roma, y la Fundación Escuela Medicina Nuclear de Mendoza. Se pudieron así realizar las primeras reconstrucciones del cerebro y otras estructuras encefálicas de perezosos fósiles, y por ese camino se obtuvo conocimiento de sus vasos sanguíneos, nervios, espacios vacíos en el cráneo o neumaticidad y su oído interno. Los análisis realizados y las conclusiones obtenidas por investigadores argentinos, italianos, franceses y estadounidenses, incluido el autor de esta nota, fueron publicados en dos artículos aparecidos este año que se citan en las lecturas sugeridas.

Entre esas conclusiones está la identificación de importantes diferencias anatómicas del oído interno de *Glossotherium robustum* con el de los perezosos actuales, así como

Interpretación del aspecto del perezoso gigante *Glossotherium robustum*. Dibujo Davide Bonadonna

similitudes con los grandes mamíferos terrestres modernos. El oído interno de los mamíferos, incluidos los humanos, desempeña un importante papel en la locomoción y en controlar el equilibrio. A la luz de esto, se puede suponer que la agilidad de *Glossotherium* habría sido parecida a la de un hipopótamo o a la de un rinoceronte, ambos mamíferos de gran tamaño capaces de realizar movimientos veloces. Por otro lado, se constata que el oído interno de *Glossotherium* era mucho más parecido al de los osos hormigueros que al de los perezosos vivientes. Esta asociación, que contrasta con la genealogía y puede deberse a otros factores funcionales, en todo caso indicaría que *Glossotherium* se habría desplazado por tierra con un andar semejante al de los osos hormigueros.

Las reconstrucciones digitales del recorrido de los vasos sanguíneos y los nervios craneanos en la superficie exterior del cerebro indican un enorme desarrollo de los nervios que se originan en la parte anterior del cerebro de los perezosos extinguidos en comparación con el de los perezosos actuales. Esto indica que el hocico de *Glossotherium* era extremadamente sensible y que tenía labios parecidos a los de actuales rinocerontes, jirafas y bóvidos, y que como estos seleccionaba y arrancaba vegetales con ellos. Además, los miembros anteriores del perezoso extinguido, con sus enormes garras, estaban más adaptados a la excavación que a la precisión para agarrarse de ramas, propia de los perezosos actuales, algo comprensible pues es claro que animales de más de dos toneladas no hubiesen podido ser arborícolas.

Otro resultado es que los senos paranasales, que son espacios vacíos en el interior del cráneo, eran proporcionalmente mucho mayores en *Glossotherium* que en los perezosos actuales, y más parecidos a los de elefantes y grandes bóvidos. La función de esos senos es aún un misterio para la ciencia, de modo que no se puede en estos momentos especular mucho sobre las consecuencias de esta observación, la que quizá proporcione una pista para ayudar a establecer dicha función desconocida.

Actualmente las investigaciones continúan y enfocan otras especies de perezosos extinguidos. Estudios de este tipo están encontrando un tesoro oculto de información en fósiles muy deteriorados u olvidados en los depósitos de museos, y ponen de manifiesto la importancia de conservar piezas que hoy no parecen tener interés para que puedan estudiarlas científicos del futuro con técnicas que hoy ni sospechamos. Con el tiempo, el conocimiento de cómo las estructuras del interior del cráneo se fueron modificando a lo largo de la evolución permitirá comprender mejor la genealogía y los hábitos ecológicos de estos llamativos animales del pasado.

Lo que sí queda claro, sin embargo, es que los perezosos gigantes, a pesar de su nombre, no podían haber sido animales extremadamente lentos, como son sus homónimos actuales. Serían perezosos, pero ¡no tanto! CH

El autor agradece las ilustraciones facilitadas por Dawid A Iurino, de la Universidad La Sapienza, y la ayuda de Marina Peralta Gavensky para la redacción de la nota.

LECTURAS SUGERIDAS

BARGO MS, TOLEDO N & VIZCAÍNO SF, 2006, 'Muzzle of South American Pleistocene Ground Sloths', *Journal of Morphology*, 267: 248-263.

BOSCAINI A *et al.*, 2018, 'Phylogenetic and functional implications of the ear region anatomy of *Glossotherium robustum* from the Late Pleistocene of Argentina', *Naturwissenschaften*, 105, 3-4: 28. DOI *10.1007/s00114-018-1548*.

BOSCAINI A *et al.*, 2018, 'Digital cranial endocasts of the extinct sloth *Glossotherium robustum* from the Late Pleistocene of Argentina: Description and comparison with the extant sloths', *Journal of Mammalian Evolution*, 1-17. DOI *10.1007/s10914-018-9441-1*.

FARIÑA RA *et al.*, 2013, *Megafauna. Giant beasts of Pleistocene South America*, Indiana University Press, Bloomington.

FORASIEPI AM, MARTINELLI AG y BLANCO JL, 2007, *Bestiario fósil. Mamíferos del Pleistoceno de la Argentina*, Albatros, Buenos Aires.

PUJOS F *et al.*, 2012, 'Recent advances on variability, morpho-functional adaptations, dental terminology and evolution of sloths', *Journal of Mammalian Evolution*, 19, 3: 159-169. DOI *10.1007/s10914-012-9189*.

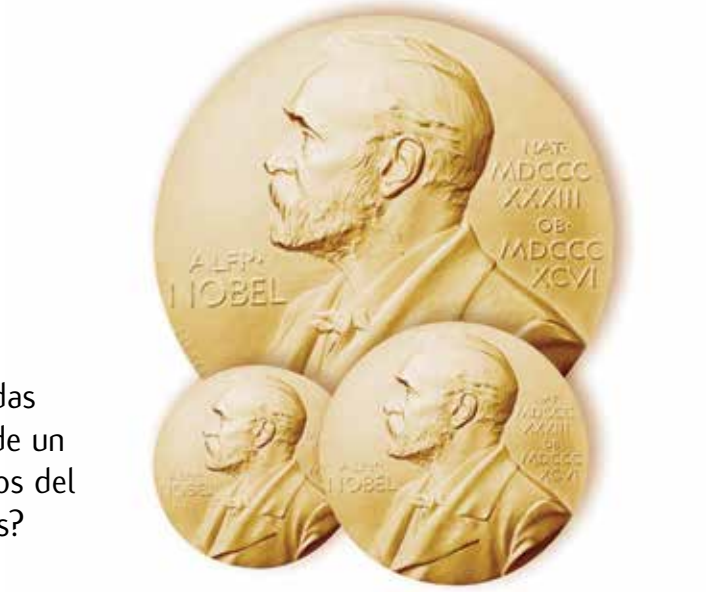
VIZCAÍNO SF, 2016, *Forma y función en paleobiología de vertebrados*, Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, accesible en *http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/55101*.

Alberto Boscaini

Becario doctoral del Conicet en el IANIGLA, Mendoza.

aboscaini@mendoza-conicet.gob.ar

Los premios Nobel 2018



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

ECONOMÍA

Enrique Kawamura
Universidad de San Andrés

El premio en ciencias económicas instituido por el Banco de Suecia en memoria de Alfred Nobel fue otorgado *ex aequo* a los estadounidenses Paul Romer, de la Stern School of Business, New York University, 'por integrar la innovación tecnológica en el análisis macroeconómico de largo plazo', y a William Nordhaus, de la Universidad de Yale, 'por integrar el cambio climático en el análisis macroeconómico de largo plazo'. El premio de este año reconoce la importancia de comprender qué factores generan el crecimiento (y la contracción) de las economías. Para valorar las contribuciones de los galardonados en el contexto en que las hicieron es importante revisar cómo evolucionó la teoría del crecimiento económico durante las décadas de 1980 y 1990 en que ambos estuvieron más productivos.

La visión comúnmente aceptada del crecimiento del producto bruto interno quedó plasmada en una familia de modelos construidos a partir de las contribuciones de otro ganador estadounidense del mismo premio, Robert Solow, del Instituto de Tecnología de Massachusetts, quien lo recibió en 1987. En esa visión, el crecimiento del producto por habitante depende de los *factores primarios de producción*, esto es, la mano de obra (que en promedio refleja el de la población), el capital productivo y los recursos naturales. Sin embargo, la teoría de Solow no logró explicar cómo algunas economías hacen crecer su producto y su capital físico por encima del crecimiento de la población. Atribuyó el fenómeno a un conjunto de otros factores no especificados y clasificados de manera genérica como *progreso tecnológico*, cuyo origen no forma parte de lo que su teoría puede explicar.

Las contribuciones de Romer: externalidades de la inversión y la innovación

Paul Romer

En ese marco, especialmente en publicaciones que datan de entre 1985 y 1995, Romer fue el primero en proponer explicaciones alternativas del crecimiento del producto por habitante. Lo hizo en varios casos sobre la base de alguna de las versiones de los modelos matemáticos de Solow.

Una primera causa que señaló es el *efecto externo positivo* o *externalidad positiva* de la inversión de las empresas sobre la productividad de los factores de producción. Externalidad es un efecto de una acción que no recae en quien la lleva a cabo. Así, la inversión realizada por una empresa puede también beneficiar a otras, o a trabajadores que no sean o dejen de ser propios. Se habla así de *efectos de derrame* entre empresas o sectores. Robert Lucas, de la Universidad de Chicago, ganador del mismo premio en 1995, extendió esta idea de efecto de derrame al capital humano, y destacó las mejoras en educación y en salud como posibles motores del crecimiento en el largo plazo.

Una segunda causa destacada por Romer para explicar el crecimiento es la *innovación*, la cual puede ser de dos tipos: de productos de consumo o de tecnología de producción. En el primer caso, partió de que una importante parte de los consumidores valora la variedad de bienes y servicios. Si para producir esa variedad se utiliza el mis-

mo tipo de factores de producción, lo que sostiene el crecimiento es poder incrementar permanentemente la oferta mediante variantes no producidas hasta ese momento, o sea, la innovación en productos de consumo.

Una forma más precisa de la explicación de Romer del crecimiento del producto por habitante por la innovación reside en los efectos de invertir en investigación y desarrollo (I+D). Esa inversión permite expandir la diversidad efectiva de productos ofrecidos, y esto, nuevamente, garantiza el crecimiento del producto por habitante. Romer también destaca que un incentivo para seguir invirtiendo en I+D es la posibilidad de apropiarse de las rentas monopólicas generadas por la variedad de bienes y servicios permitida por dicha inversión.

La influencia de las ideas de Romer se advierte en literatura más reciente. Además de la mencionada extensión de Lucas al capital humano, otras investigaciones destacaron la inversión en infraestructura, habitualmente realizada por el Estado, como fuente de externalidades que incrementan la productividad de los factores de producción utilizados por el sector privado. Algunas investigaciones recientes analizaron cómo la institucionalidad política puede afectar, por ejemplo, esa inversión, e influir directamente en el crecimiento de largo plazo.

La contribución de Romer acerca de la I+D tuvo también una sucesión importante de extensiones que adaptaron la vieja idea de Joseph Schumpeter (1883-1950) sobre la destrucción creativa como motor de la innovación. Otras extensiones más recientes destacan que la innovación tiende a favorecer más a trabajadores calificados que a los carentes de calificación. Esta es una distinción clave no solo para entender la relación entre innovación y crecimiento sino, también, para considerar la desigualdad social, la que constituye uno de los núcleos centrales de las discusiones políticas de desarrollo socioeconómico en los diversos ámbitos en que estas tienen lugar.

Las contribuciones de Nordhaus: cambio climático y su efecto negativo en el crecimiento

Las contribuciones de Nordhaus constituyen de algún modo una contracara de las de Romer, en el sentido de que su principal interés radicó en los efectos negativos del cambio climático sobre la actividad productiva y su tasa de crecimiento. Si bien sus primeros trabajos sobre el tema datan de la década de 1970, antes de la producción académica de Romer, solo en la de 1990 produjo los modelos matemáticos que relacionan cambio climático y crecimiento económico.

Nordhaus desarrolló una ampliación o modificación del modelo de crecimiento de Solow que describe cómo la productividad de los factores de producción se ve afectada negativamente por el calentamiento global. Intuitivamente se pueden imaginar distintas formas de esos efectos, como daños a la salud humana, alteraciones de la diversidad biológica, extinción de especies y otros, los que resulta viable cuantificar en forma estimativa. Nordhaus agregó al modelo estándar de Solow la posibilidad de medir la pérdida de productividad por esos efectos del cambio climático. Lo hizo incorporando a sus variables el uso de combustibles fósiles, causantes de emisiones de CO_2, para satisfacer las necesidades de energía. Ello también está ausente de los modelos de Romer y sus extensiones.

William Nordhaus

El trabajo de Nordhaus y sus colaboradores permite no solo estimar la posible disminución del crecimiento del producto bruto a causa del calentamiento global sino, también, explorar de manera cuantitativa las consecuencias sobre ese crecimiento y sobre la productividad de diferentes intensidades de dicho calentamiento. Asimismo, posibilita estimar de los impuestos socialmente óptimos a la emisión de CO_2, que es una de las políticas que aplican los gobiernos de diversos países para cumplir con las metas internacionalmente acordadas de reducción del crecimiento de las emisiones.

Contribuciones más recientes agregaron al modelo las energías que no recurren a los hidrocarburos fósiles, de suerte que también se pueda estimar el monto socialmente óptimo del subsidio que muchos países les otorgan. Por último, en años recientes se ha intentado una nueva ampliación del modelo para tomar en cuenta dimensiones del tipo de la calidad de las instituciones políticas y administrativas, la seguridad jurídica, los acuerdos internacionales, la dinámica electoral y otras. Este tipo de extensiones no ha pasado aún de las primeras etapas de desarrollo. CH

LECTURA SUGERIDA

AAVV, 2018, *Integrating Nature and Knowledge into Economics*, Real Academia Sueca de Ciencias, Estocolmo, accesible en *www.kva.se, and at http://nobelprize.org.*

Enrique Kawamura

Doctor (PhD) en economía, Universidad de Cornell. Profesor asociado y director de la maestría en economía, UdeSA.

kawa@udesa.edu.ar

FÍSICA

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

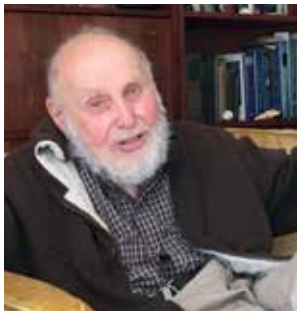
Con el premio Nobel de física de este año, la Real Academia Sueca de Ciencias ha reconocido inventos innovadores del campo de la física del láser. La mitad del galardón fue para el estadounidense Arthur Ashkin, *por las pinzas ópticas y sus aplicaciones a sistemas biológicos*. Con sus noventa y seis años, es el premiado de mayor edad en toda la historia. La otra mitad fue compartida entre el francés Gérard Mourou y la canadiense Donna Strickland, *por sus métodos de generación de pulsos láser ultracortos de alta intensidad*. Strickland es la tercera mujer laureada con el premio de física, después de Maria Sklodowska Curie (1903) y Maria Goeppert-Mayer (1963).

Sería redundante tratar de convencer al lector de la importancia del láser en la ciencia, la tecnología, el arte y la vida cotidiana cuando estamos rodeados de láseres por todos lados: en nuestras computadoras, teléfonos, escáneres y muchísimos etcéteras. La historia del láser se remonta a un artículo de Albert Einstein (1879-1955) titulado 'Sobre la teoría cuántica de la radiación' (*Physikalische Zeitschrift*, 18, 121, 1917). Allí formuló la teoría matemática no solo de la absorción y emisión espontáneas como mecanismos de interacción entre la radiación y la materia sino, también y lo más importante a mi entender, la de la *emisión estimulada*. Esta se produce cuando, por ejemplo, un átomo o una molécula que se encuentran inicialmente en un estado de energía alta o *excitados* emiten un fotón de las mismas características y en la misma dirección que un fotón incidente en ellos.

Tuvo que transcurrir casi medio siglo (1960), para que un ingeniero y físico californiano, Theodore Maiman (1927-2007), contase con la tecnología necesaria para construir el primer láser, que fue de rubí. En un efecto de reacción en cadena la emisión estimulada genera un chorro de luz muy especial que casi no se dispersa, llamada *coherente*. A partir de ese momento, se construyó una miríada de láseres de distinto tipo: sólidos, líquidos, gaseosos, de plasma y otros.

Ashkin nació en 1922 en Nueva York y se doctoró en física en 1952 en la Universidad de Cornell. Su principal interés ha sido la presión de radiación, es decir, cómo la luz puede empujar objetos. Esta idea se definió a partir de la formulación teórica de la electrodinámica clásica por James Clerk Maxwell (1831-1879), y luego fue corroborada en experimentos de laboratorio.

Solo pocos años después del primer láser, Ashkin iluminó pequeñas esferas transparentes con luz láser, cuyas propiedades únicas la hacen idealmente adecuada para empujar partículas. Advirtió no solo que la luz empujaba las esferitas en la dirección de la que provenía sino, también, que ellas se movían hacia el centro del rayo (imaginado este como un tubo). Este efecto inesperado se debe a la llamada *fuerza de gradiente*, pues la intensidad del láser decrece hacia afuera de la sección del tubo del rayo y empuja las partículas hacia su eje. Ashkin también hizo levitar a las esferitas contrarrestando la fuerza de gravedad. Y lo más interesante sucedió cuando enfocó el rayo láser con una lente: la luz captura las partículas en su foco en una especie de trampa que se denomina *pinza óptica* (*optical tweezer*).



Arthur Ashkin

Gérard Mourou

Donna Strickland

Pronto las pinzas ópticas se utilizaron en física para la manipulación de átomos y moléculas, pero Ashkin se interesó en objetos más grandes, como virus y células. A título de ejemplo del uso de pinzas ópticas se puede mencionar que con ellas se midieron fuerzas moleculares y su movimiento, y se estudiaron moléculas simples atrapándolas con dichas pinzas. Luego les tocó el turno a moléculas más complejas: se estudiaron, entre otras cosas, propiedades físicas como la elasticidad del ADN, el desdoblamiento del ARN por fuerzas mecánicas, la cinemática y dinámica del mecanismo llamado motor molecular, la resolución de los pasos a lo largo del ADN por el motor ARN polimerasa, y la síntesis de proteínas sobre la transcripción del ARN mensajero. En definitiva, las pinzas ópticas escaparon de la física para usarse en química y biología, donde contribuyen ampliamente a investigar la maquinaria de la vida.

Donna Strickland nació en 1959 en Guelph, a unos 100km de Toronto, y se doctoró en la Universidad de Ro-

chester, en el estado de Nueva York sobre la frontera canadiense, bajo la dirección de Gérard Mourou, quien nació en 1944 en Albertville, en la Saboya francesa. Ambos trabajaron con *láseres pulsados*, en contraposición a los láseres continuos de Ashkin. La duración de los pulsos ha ido disminuyendo desde los milisegundos en los comienzos del láser hasta los femtosegundos (milésimas de billonésimas -10^{-15}– de segundo), o aun hasta los attosegundos (trillonésimas -10^{-18}– de segundo). ¿Por qué usar pulsos tan cortos? Por dos razones: (i) al ser más cortos se vuelven más intensos ya que se puede concentrar la misma energía en menor tiempo y espacio, y (ii) permiten observar transiciones moleculares y atómicas que son brevísimas (un electrón tarda 150 attosegundos en su revolución al protón en un átomo de hidrógeno).

La intensidad de los láseres había crecido sustancialmente desde unos pocos megavatios a su creación en 1960, hasta llegar a las decenas o las centenas de teravatios (un teravatio equivale a un billón -10^{12}– de vatios) por centímetro cuadrado tan solo cinco años después. Pero se había llegado a un límite tecnológico: a esa intensidad se destruye el material amplificador del láser.

Strickland, en su primer artículo como estudiante de doctorado de Mourou, describió un diseño experimental revolucionario: estirar el pulso láser con una fibra óptica para disminuir su intensidad, luego amplificarlo sin dañar el material y finalmente volver a comprimirlo. Los nombrados llamaron a esta técnica *amplificación del pulso gorjeado* (*chirp pulse amplification*). La fibra óptica está hecha de un material transparente con un índice de refracción que depende del color del láser. Como el pulso láser es corto, no es monocromático: tiene un espectro amplio de colores, muchos invisibles al ojo humano. Los distintos colores del pulso viajan por la fibra óptica a distintas velocidades, lo que resulta en un estiramiento del pulso y, por ende, en una disminución de su intensidad.

De esta manera, Mourou y Strickland amplificaron un láser desde los nanojoules de energía (milésimas de millonésimas -10^{-9}– de joule) a los milijoules (milésimas -10^{-3}– de joule), es decir, lo amplificaron un millón de veces. Luego, perfeccionaron el diseño para el estiramiento del pulso reemplazando la fibra óptica por

UN COMENTARIO

Oscar Martínez
Departamento de Física, Facultad de Ingeniería, UBA

El premio por la amplificación de pulsos cortos, como bien marca el autor de la nota principal usando las palabras de la Real Academia Sueca, ha hecho grandes contribuciones al bienestar de mucha gente. Pero ¿cómo se cuantifica el aporte al bienestar? Si bienestar es enriquecimiento, conozco varios que se han hecho millonarios gracias a los inventos premiados.

A estos avances ha contribuido un sinnúmero de investigadores, entre ellos, y solo como una parte de una larga lista de contribuyentes, EB Treacy, en United Technologies, quien inventó en 1969 el compresor de redes usado para recuperar el pulso luego de amplificarlo. También Daniel Grischkowsky, quien, trabajando en el Thomas J Watson Research Center de IBM, ideó en 1983 el esquema de fibras y compresor usado por Strickland y Mourou en 1985. Incorporar las fibras fue una sugerencia que le hiciera CV Shank (Bell Laboratories) durante una Gordon Conference en 1982. Igualmente se pueden citar los aportes de EP Ippen (MIT), JR Taylor (Imperial College) y el mismo Schank en generar pulsos cortos que se pudieran amplificar. Y por qué no señalar que el autor de esta nota contribuyó al esfuerzo con un compresor, publicado en 1984, que se acopla a la perfección con el de Treacy para que la recompresión del pulso sea casi perfecta.

¿Qué define a los ganadores del premio Nobel? Esto no importa demasiado mientras la comunidad científica siga creyendo que el premio es válido. Buscamos al Messi de la ciencia, pero ni siquiera en fútbol un jugador saca a un equipo campeón. La ciencia no es tenis, ni pintura, ni escultura. Se parece más al teatro o el cine (aunque es aún más colectiva), y en estas actividades tan obviamente colectivas se siguen dando premios individuales.

En una sociedad exitista se necesitan esos premios para mantener trabajando más de doce horas diarias, incluso los sábados y domingos, a mucha gente con destacada capacidad de generar conocimiento. Ese conocimiento da a los países centrales ventajas comparativas que les permiten ejercer y mantener un liderazgo. A esto también aportan las pequeñas contribuciones –como la que me tocó hacer a mí mientras trabajaba en el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEFA)– realizadas en países periféricos a los que no les interesa demasiado la ciencia.

Como la ciencia es una construcción colectiva, muchos investigadores proporcionan lo suyo y colaboran para que se logre un progreso lento y permanente. Algunos toman los avances y se los apropian en el juego de exitismos, egos y riqueza que caracteriza a nuestra sociedad. En ese juego, se premia a algunos para mantener la máquina funcionando, y de paso para que esos conocimientos generen riquezas y poder. Esto abre otra pregunta: ¿riqueza y poder para quién?

Oscar E Martínez
Doctor en ciencias físicas, UBA.
Investigador superior del Conicet en la Facultad de Ingeniería, UBA.
Profesor titular, Facultad de Ingeniería, UBA.

un par de redes de difracción, con lo cual hicieron óptima la calidad del pulso amplificado y mejoraron la eficiencia de la amplificación hasta mil millones –10^9– de veces. Se basaron para ello en una idea de Oscar Martínez, físico de la Facultad de Ingeniería de la UBA.

Hoy, la técnica de Mourou y Strickland se usa en todos los laboratorios de óptica del mundo. Esos láseres intensos han servido tanto para la investigación como para la industria y la medicina. Han dado origen a la *física de campo fuerte* y la ciencia del attosegundo, y ayudado a otros físicos que se ocupan de óptica, como el canadiense Paul Corkum y el húngaro Ferenc Krausz, a explicar, por ejemplo, la física de la generación de armónicos de orden alto. Han permitido observar en tiempo real procesos físicos y químicos brevísimos cuyas duraciones no había sido posible medir antes.

Los láseres ultracortos intensos permitieron la aceleración láser-plasma de partículas hasta los gigaelectronvoltios (mil millones –10^9– de electronvoltios); también son utilizados para el almacenamiento de datos, pues no dañan la superficie de un material, y con ellos se manufacturan cánulas quirúrgicas implantables o estents (*stents*), que son cilindros micrométricos de metal elongado colocados en el organismo para ensanchar y reforzar vasos sanguíneos, la uretra, etcétera. También, con láseres que usan la amplificación del pulso gorjeado se realizan procedimientos de cirugía oftalmológica.

En síntesis, los inventos premiados este año han revolucionado la física del láser. Han permitido ver bajo nueva luz objetos extremadamente pequeños y procesos increíblemente rápidos. Todavía no se han explorado completamente las innumerables áreas de aplicación de las pinzas ópticas de Ashkin ni de los pulsos láser ultracortos e intensos que usan Mourou y Strickland, pero ya abrieron la puerta para controlar la materia en el micromundo, como lo expresó la Real Academia Sueca, 'en el mejor espíritu de Alfred Nobel: para el mayor beneficio de la humanidad'. CH

LECTURA SUGERIDA

REAL ACADEMIA SUECA DE CIENCIAS, 2018, 'Tools made of light', accesible en *www.nobelprize.org/uploads/2018/10/popular-physicsprize2018.pdf*.

Diego Arbó
Doctor en ciencias físicas, UBA.
Investigador independiente en el IAFE, UBA-Conicet.
Profesor titular, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad de Belgrano.
diego@iafe.uba.ar

QUÍMICA

Julio J Caramelo
Instituto de Investigaciones Bioquímicas de Buenos Aires (IIBBA), Fundación Instituto Leloir-Conicet

El control de la diversidad molecular

La Real Academia de Ciencias de Suecia otorgó este año el premio Nobel de química a dos investigadores estadounidenses –Frances H Arnold, del Instituto de Tecnología de California, y George P Smith, de la Universidad de Misuri– y uno británico –Gregory P Winter, del Consejo de Investigaciones Médicas del Reino Unido–. La mitad de la recompensa correspondió a la primera, en palabras de dicha academia, por la 'evolución dirigida de enzimas'; los otros dos galardonados compartieron en partes iguales la otra mitad por el desarrollo de técnicas de 'despliegue de péptidos y anticuerpos en fagos'.

El trabajo de los tres nombrados tiene como común denominador haber definido conceptos y técnicas que permiten controlar la enorme diversidad de proteínas, las moléculas centrales de la vida. Prácticamente todas las actividades de los seres vivos se deben a la acción de una o varias proteínas, por ejemplo, procesar los alimentos y convertirlos en energía, percibir señales del ambiente, generar movimiento, duplicar células, etcétera. Por hacerlo, los organismos (incluido el nuestro) tienen la capacidad de fabricar miles de proteínas distintas a partir de la información contenida en el ADN de sus células.

Las proteínas están formadas por la unión química o secuencia de moléculas más pequeñas llamadas *aminoácidos*. Algunas proteínas pequeñas, llamadas *péptidos*, tienen secuencias relativamente cortas, mientras que otras están formadas por cientos e incluso miles de aminoácidos. Cada proteína, sin embargo, presenta una secuencia particular de aminoácidos que le permite adquirir la estructura tridimensional necesaria para cumplir con su función.

La cantidad de proteínas que podrían existir formando distintas secuencias de aminoácidos es literalmente astronómica: toda la materia de la Vía Láctea no alcanzaría para hacer, por ejemplo, un ejemplar de las aproximadamente $6{,}34 \times 10^{28}$ maneras diferentes de producir una proteína compuesta por 100 aminoácidos.

A lo largo de la historia de la vida en la Tierra, la evolución natural dio lugar a aquellas secuencias que cumplieron alguna función biológica. Si bien el número de ellas

Frances H Arnold

George P Smith

Gregory P Winter

es enorme, resulta minúsculo comparado con el número de secuencias posibles.

El trabajo de la premiada Arnold aprovechó los principios básicos de la evolución para alterar en algún sentido deseable proteínas existentes en los seres vivos o para generar otras proteínas con funciones que no existen en la naturaleza. Esto le permitió comprender mejor algunos de dichos principios básicos de la evolución natural y abrió la posibilidad de fabricar proteínas por encargo, si cabe la expresión.

¿Cómo opera la evolución? Las secuencias de bases del ADN sufren constantes cambios debido al propio metabolismo celular o por influencia del entorno. Las células poseen complejos mecanismos que detectan esos cambios y, de resultarles posible, los reparan. El premio Nobel de química de 2015 fue otorgado a Tomas Lindhal, Paul Modrich y Aziz Sancar por descubrir algunos de esos mecanismos de reparación. Los cambios que no pueden ser reparados a tiempo perduran en el ADN en forma de *mutaciones*. A su vez, la misma duplicación del ADN también puede causar mutaciones, aunque ello sucede usualmente en un porcentaje muy bajo de casos. Justamente, la misma evolución lleva a que perduren aquellos organismos que duplican su material genético en forma fiel. Cuando las mutaciones suceden en las células germinales (óvulo y espermatozoides en los animales), ellas son heredadas por la descendencia.

Normalmente es más fácil empeorar algo que mejorarlo, sobre todo en sistemas complejos como las proteínas. Por esto, la mayoría de las mutaciones o no tienen consecuencias o afectan negativamente la actividad biológica de las proteínas, lo cual puede disminuir o anular las posibilidades de supervivencia del organismo que las padece. Mucho más raras son las mutaciones que mejoran la función de una proteína, algo que puede conferir al organismo una ventaja adaptativa por la cual producirá descendencia más numerosa que sus pares sin ella, ventaja que facilita la transmisión de la mutación a las próximas generaciones. Usualmente, el tiempo necesario para que el cambio se generalice de forma natural en una población es del orden de los miles o millones de años. Sin embargo, existen casos de cambios notables que se generalizaron en décadas, como la propagación de malezas resistentes a herbicidas, o de bacterias resistentes a antibióticos.

El trabajo de Arnold apuntó a acelerar millones de veces el proceso que ponen en marcha las mutaciones naturales, o sea, inducir una selección artificial semejante a la natural pero enormemente más rápida. Partió de la idea de copiar un gen pero, a diferencia de lo que usualmente sucede en los seres vivos, hacerlo en forma poco fiel, es decir, causar *mutagénesis*. Luego seleccionó aquellas variantes mutadas del gen que mejorasen alguna característica valiosa, para lo cual analizó proteínas con alguna actividad química fácil de seguir, por ejemplo, las enzimas.

Luego de la mutagénesis, sus procedimientos llevan a analizar en paralelo la actividad de miles de variantes mutadas de la proteína, y a seleccionar las que presenten alguna potencial mejora, las que son aisladas y sometidas a nuevos ciclos de mutagénesis y selección. El resultado final de las iteraciones es una proteína con una actividad cientos o miles de veces mayor a la de su ancestro natural.

Llamativamente, las proteínas mejoradas generalmente presentan un número bastante acotado de mutaciones. El punto central de esta tecnología es la capacidad de analizar miles de mutaciones en paralelo, lo que permite que la evolución artificial sea notablemente eficiente. Cabe señalar que la característica buscada no necesariamente es buena para el organismo del cual se tomó el gen original. Por ejemplo, podemos buscar una enzima activa a altísimas temperaturas, algo en principio poco útil para un organismo que vive a 20°C. Un primer ejemplo de resultado útil fue obtener enzimas que funcionen en solventes orgánicos, las que tienen numerosas aplicaciones industriales pues disminuyen notablemente los requerimientos energéticos y la generación de residuos tóxicos.

¿Qué sucede cuando la proteína a mejorar no es una enzima sino, por ejemplo, un anticuerpo? Los organis-

mos producen anticuerpos como reacción ante la presencia de agentes infecciosos. Los otros dos ganadores del Nobel estudiaron esa situación. Para ello se valieron de *fagos*, uno de los organismos más simples que existen. Los fagos o bacteriófagos son virus que infectan bacterias y tienen en su superficie algunas pocas proteínas que les permiten ingresar en las bacterias que infectan. Smith y Winter lograron obtener fagos en los que esas proteínas de su superficie están unidas a otras o a péptidos que no son propios del fago. Se habla así de *proteínas de fusión*, puesto que vienen de la unión de dos genes, uno original del fago y otro agregado en el laboratorio.

Mediante técnicas de ingeniería genética se pueden fusionar miles o millones de variantes de una proteína, sin necesidad de conocer la secuencia exacta del ADN de cada variante. Haciendo ensayos sucesivos se puede enriquecer millones de veces a aquellos fagos que reconozcan con alta afinidad a alguna molécula sobre la que se procura actuar. Luego se aísla y amplifica estos fagos, y se secuencia su material genético, con lo cual se logra conocer el detalle exacto de las moléculas que mostraron alta afinidad. Lo anterior resulta muy adecuado cuando la proteína a mejorar es un anticuerpo, pues permite incrementar notablemente la capacidad de este de reconocer alguna toxina o alguna proteína relacionada con patologías como el cáncer u otras. La técnica está revolucionando varias ramas de la medicina y produciendo anticuerpos del tipo del *adalimumab*, que se emplea para el tratamiento, entre otras dolencias, de la artritis reumatoide y la soriasis.

En resumen, la gran creatividad de los investigadores galardonados les permitió manejar las casi infinitas posibilidades que presentan las proteínas, y abrir el camino para hacer notables mejoras en la calidad de vida de las personas. CH

LECTURA SUGERIDA

Real Academia de Ciencias de Suecia, 'A (r)evolution in chemistry', accesible en *https://www.nobelprize.org/uploads/2018/10/popular-chemistryprize2018.pdf.*

Julio J Caramelo
Doctor en química, UBA.
Investigador independiente del Conicet en el IIBBA.
Profesor adjunto, FCEN, UBA.
jcaramelo@leloir.org.ar

MEDICINA

Ezequiel Dantas
Jorge Geffner
Instituto de Investigaciones Biomédicas en Retrovirus y Cáncer (INBIRS), IBA-Conicet

Gabriel Rabinovich
Instituto de Biología y Medicina Experimental (IByME), UBA-Conicet

Nuevos horizontes de la inmunoterapia ante el cáncer

Este año, el premio Nobel de fisiología o medicina fue otorgado por partes iguales al estadounidense James P Allison, de la Universidad de Texas, y al japonés Tasuku Honjo, de la Universidad de Kyoto, por sus revolucionarios descubrimientos en el campo de la inmunoterapia antitumoral. Procuraremos aquí explicar el significado de lo anterior.

Según la Organización Mundial de la Salud, en el transcurso del presente año más de 9 millones de personas morirán de cáncer y otros 18 millones serán diagnosticados con diferentes tipos de la enfermedad. Pese a los avances en el diagnóstico y tratamiento, la incidencia de cáncer continúa creciendo en el mundo, en gran medida, acompañando la mayor expectativa de vida y el envejecimiento de la población. El tratamiento clásico de los enfermos se asienta en tres pilares: radioterapia, quimioterapia y cirugía. Los progresos logrados en cada una de estas terapias han sido notables y permitieron prolongar la sobrevida de los pacientes e incrementar la proporción de los que experimentan remisión completa. Sin embargo, la naturaleza de ciertos tumores y su diagnóstico tardío hacen fracasar estos tratamientos y explican los millones de muertes señaladas.

Como telón de fondo de los descubrimientos de Allison y Honjo encontramos la siguiente pregunta: ¿puede el sistema inmune atacar a las células cancerosas? Sabemos que esto, efectivamente, ocurre, pero también sabemos que el crecimiento descontrolado de células malignas propias, que caracteriza al cáncer, escapa a los mecanismos de vigilancia de dicho sistema. Normalmente, las células del sistema inmune patrullan los tejidos en busca de células infectadas, microorganismos y células tumorales que, de ser encontradas, son eliminadas para mantener el estado de salud. Este proceso se conoce como *inmunovigilancia*.

La teoría de las tres E imaginada por Robert Schreiber, de la Washington University, St. Louis, define tres etapas en la interacción entre tumores y sistema inmune: eliminación, equilibrio y escape. En la etapa de eliminación, el sistema inmune identifica y destruye las células tumorales y evita el crecimiento del tumor. Eventualmente, como si

se tratase de un proceso evolutivo darwiniano en pequeña escala, aparecen clones de esas células, capaces de escapar o silenciar la vigilancia del sistema inmune: es la etapa de equilibrio, en la cual la eliminación de las células tumorales se contrarresta por la proliferación de otras que lograron escapar de la respuesta inmunológica. Por último, en la etapa de escape, el tumor evade eficientemente la respuesta inmune, crece y se manifiesta clínicamente.

¿Es posible evitar que el tumor escape de la respuesta inmune? En otras palabras, ¿podríamos estimular las células inmunes del paciente para que destruyan el tumor? Esta idea, en realidad, no es novedosa. En 1891, el cirujano e investigador estadounidense William Coley (1862-1936) advirtió que algunos pacientes con cáncer mostraban mejoras sustanciales luego de sufrir erisipela, una infección bacteriana de la piel. Decidió entonces tratar a un grupo de pacientes con cáncer inyectándoles bacterias, lo que causó una franca mejoría en algunos. La ausencia en la época de protocolos rigurosos para el seguimiento de esos pacientes y el advenimiento de la radioterapia y la quimioterapia relegaron sus observaciones a un segundo plano.

De todas formas, la idea de usar bacterias para generar una respuesta inmune capaz de promover la destrucción de las células tumorales perduró hasta nuestros días. De hecho, a pacientes con ciertos tipos de cáncer de vejiga hoy se les administra localmente el bacilo de Calmette-Guérin (la vacuna BCG) a efectos de provocar una respuesta inflamatoria capaz de destruir las células tumorales.

Con el mismo objetivo se ha empleado interleucina 2 (IL-2) para el tratamiento de melanomas y tumores renales. La IL-2 indujo una respuesta antitumoral en una fracción de los pacientes tratados, pero su empleo encontró un límite en la abundancia de sus efectos adversos.

Estos antecedentes sugieren que el sistema inmune del paciente portador de un tumor puede revelarse contra este y destruirlo. Sin embargo, en muchos casos parece requerir cierta ayuda externa.

En 1990, trabajando entonces en la Universidad de California en Berkeley, Allison concentró sus estudios en una proteína de función desconocida, llamada CTLA-4 (*cytotoxic T-lymphocyte–associated antigen 4*). Demostró, junto con otros científicos, que ella pone un formidable freno a la actividad de las células T, que constituyen un componente central del sistema inmune y desempeñan un papel crítico en la respuesta inmune a tumores. Cabe preguntarse, entonces, cómo la evolución llevó al sistema inmune a generar moléculas como CTLA-4 capaces de inhibirlo. La respuesta es que, al ser la respuesta inmune realmente muy potente, pone en marcha mecanismos capaces no solo de destruir agentes infecciosos y células tumorales sino, también, de dañar tejidos del propio organismo. De ahí que la aparición de estas moléculas inhibitorias morigere el daño que causaría una reacción inmune exacerbada.

James P Allison

Tasuku Honjo

El descubrimiento de la función del CTLA-4 condujo a Allison a producir un anticuerpo capaz de bloquear su acción e investigó si ese anticuerpo reactivaba la respuesta inmune antitumoral. Realizó las primeras experiencias hacia fines de 1994 con ratones y obtuvo resultados realmente sorprendentes. El solo empleo del anticuerpo revivió en los roedores la respuesta inmune antitumoral y les curó el cáncer. Pese a que la industria farmacéutica no mostró mayor interés inicialmente en sus descubrimientos, Allison profundizó sus investigaciones y, muy pronto, otros científicos reprodujeron sus observaciones.

En 2010, una importante serie de pruebas realizadas en varios centros oncológicos con pacientes que padecían melanoma avanzado reveló efectos importantes. Si bien solo un porcentaje limitado de ellos respondió a la terapia, el 22% se mantuvo libre de enfermedad por diez años, un resultado sorprendente si tenemos en cuenta el estado avanzado de la enfermedad al momento de iniciar el tratamiento, y el hecho de que los pacientes habían sido refractarios a los tratamientos convencionales, basados en quimioterapia y radioterapia. Estas experiencias pioneras de Allison marcaron un antes y un después en el tratamiento de enfermos con cáncer.

Por su lado, en 1992, trabajando en la Universidad de Kyoto, Honjo descubrió una molécula desconocida en la superficie de los linfocitos T, que denominó PD-1 (por *programmed death*), la cual mostró, igual que CTLA-4, inhibir marcadamente la capacidad antitumoral de las células T. Es decir, Honjo encontró un segundo freno del sistema inmune. La pregunta que surgió entonces fue, nuevamente: ¿se lograría reactivar la respuesta inmune antitumoral bloqueando PD-1, como se había logrado bloqueando CTLA-4? Los resultados obtenidos en ensayos realizados, primero, in vitro con células aisladas, luego, en animales, y finalmente en pacientes con cáncer tratados en múltiples establecimientos oncológicos, arrojaron resultados espectaculares. Demostraron fehacientemente que anticuerpos bloqueantes de PD-1 lograban remisiones de la enfermedad o cura en una fracción significativa de los enfermos.

Hoy, a pocos años de los descubrimientos de Allison y Honjo, se han desarrollado y aprobado para el tratamien-

to de diferentes tipos de cáncer diversos anticuerpos capaces de bloquear tanto a PD-1 (entre ellos *pembrolizumab* y *nivolumab*) como a CTLA-4 (por ejemplo, *ipilimumab*). Por otra parte, se ha observado que el tratamiento combinado con anticuerpos dirigidos contra PD-1 y CTLA-4 tiene efectos superiores a aquellos logrados por la terapia con uno solo de los anticuerpos. Pero también tienen mayor severidad los efectos adversos asociados con el tratamiento combinado. Esos efectos adversos, particularmente en la piel, el tracto gastrointestinal, el hígado y el sistema endócrino, ocurren en el 90% de los pacientes tratados con anticuerpos dirigidos contra CTLA-4 y en el 70% de aquellos tratados con anticuerpos capaces de bloquear el PD-1. El uso de drogas inmunosupresoras, como *prednisolona*, resultó particularmente efectivo para tratar estas manifestaciones de toxicidad.

La respuesta terapéutica obtenida en pacientes con cáncer por los inhibidores de CTLA-4 y PD-1 planteó la posibilidad de usar el mismo camino para tratar infecciones crónicas. Numerosos laboratorios se hallan actualmente abocados a estudiar la efectividad de los anticuerpos en cuestión sobre el curso de infecciones crónicas como las debidas a los virus de la inmunodeficiencia humana o de la hepatitis B, o a microorganismos como el causante de la malaria.

Como todo gran descubrimiento, los realizados por Allison y Honjo plantean nuevos interrogantes y desafíos, entre ellos, comprender por qué solo una fracción de los pacientes con cáncer responde efectivamente al tratamiento con anticuerpos bloqueantes de CTLA-4 o PD-1. En los últimos años se han descubierto nuevas moléculas capaces también de silenciar la respuesta inmune. Quizá ellas proporcionen nuevos caminos para profundizar la revolución iniciada en materia de inmunoterapia antitumoral. CH

LECTURA SUGERIDA

SMITH CIE *et al.*, 2018, *Discovery of cancer therapy by inhibition of negative immune regulation*, Real Academia Sueca de Ciencias, Estocolmo.

NOTA TÉCNICA

Los lectores interesados en conocer una explicación más técnica de lo anterior pueden leer los párrafos que siguen, además de consultar el escrito citado como lectura sugerida, que proporciona una amplia bibliografía especializada.

Las células T integran dos grandes poblaciones celulares: las células T CD4+ y las células T CD8+. Mientras que estas últimas median potentes respuestas citotóxicas capaces de destruir células tumorales, las células T CD4+ pueden asumir diferentes perfiles funcionales, algunos francamente inflamatorios, como los perfiles TH1 y TH17. Más allá de esta diversidad de perfiles propios a los linfocitos T, la molécula CTLA-4 mostró mediar siempre una función supresora sobre la respuesta inmune. ¿Cómo lo hace? Al interactuar con sus ligandos expresados por los macrófagos y las células dendríticas (moléculas CD80 y CD86), la molécula CTLA-4 transduce señales que conducen a la parálisis de la célula T, ya sea esta un linfocito T CD4+ o T CD8+.

En 1999 se logró identificar al ligando de PD-1, denominado PD-L1. Este descubrimiento cobró particular relevancia ya que se encontró que PD-L1 se expresa notoriamente en diferentes tipos de tumores, y permite por lo tanto a los tumores interactuar y paralizar la función de las células T. Anticuerpos dirigidos contra PD-1 (pembrolizumab, nivolumab), CTLA-4 (ipilimumab) y PD-L1 (atezolizumab, avelumab) ya fueron licenciados y aprobados para el tratamiento de diferentes tipos de cáncer.

En los últimos años se han descripto nuevas moléculas capaces también de silenciar la respuesta inmune. Ellas representan potenciales blancos de anticuerpos a emplear en la inmunoterapia antitumoral. Entre estas moléculas están la galectina-1 (Gal-1), el gen 3 de activación linfocitaria (LAG3), el receptor inmune T con dominios tipo inmunoglobulina e ITIM (TIGIT), CD96 y la proteína relacionada al receptor del factor de necrosis tumoral alfa inducida por glucocorticoides (GITR). Diferentes estudios se hallan abocados a demostrar la potencial acción antitumoral de monoterapias dirigidas contra cada una de estas moléculas, como también de terapias combinadas. A la luz de las diferentes respuestas observadas en distintos pacientes, cabe formular el siguiente interrogante: ¿cómo definir la mejor terapia para cada paciente? ¿Qué biomarcadores deberíamos emplear a tal efecto? Nuevamente, es en el campo de la investigación básica en el cual este interrogante encontrará una respuesta. CH

Ezequiel Dantas
Doctor en medicina, UBA.
Becario posdoctoral en el INBIRS, UBA-Conicet.

Jorge Geffner
Doctor en bioquímica, UBA.
Investigador superior en el INBIRS, UBA-Conicet.
Profesor titular, Facultad de Medicina, UBA.
jorgegeffner@gmail.com

Gabriel Rabinovich
Doctor en ciencias químicas, Universidad Nacional de Córdoba.
Investigador superior en el IByME, UBA-Conicet.
Profesor titular, Facultad de Medicina, UBA.
gabyrabi@gmail.com

Rubén A Medina
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA
Walter C Dragani
Roberto A Violante
Servicio de Hidrografía Naval, Ministerio de Defensa

Un tsunami no reconocido en Mar del Plata

Poco después de las 11 de una calurosa mañana de verano, el jueves 21 de enero de 1954, tres enormes olas que llegaron seguidas hicieron ascender un metro el nivel de las aguas costeras en Mar del Plata. La fuerte corriente hacia la costa inundó una franja ribereña seca de unos 50m de ancho, los espigones quedaron sumergidos a pesar de encontrarse la marea en media bajante, una lancha estuvo a punto de naufragar a causa de un remolino originado bajo su quilla y, cerca de la orilla, los bañistas en un mar hasta entonces apacible quedaron sin hacer pie mientras quienes correteaban por la playa fueron barridos por el oleaje. El fenómeno afectó sobre todo las playas Popular y Bristol, pero se constató a lo largo de los 3,5km que separan Punta Iglesia de Playa Chica. Once personas necesitaron ser socorridas debido a principio de asfixia por inmersión, y más de un centenar, atendidas por haber sufrido contusiones diversas. Luego de unos minutos el mar recobró su calma, con toda clase de objetos de playa flotando en sus aguas.

Basándose en las características geológicas del fondo del océano Atlántico y de sus costas, un informe técnico de la entonces Dirección General de Navegación e Hidrografía del Ministerio de Marina descartó que el hecho hubiese sido causado por un 'maremoto'. Lo atribuyó a la concurrencia de tres factores:

* Una serie coincidente de olas de pequeña altura y rápida sucesión provocaron tres olas de gran altura que se sucedieron en intervalos de aproximadamente cinco segundos.
* Un ascenso gradual de un metro del nivel del mar en seis minutos.
* Un mar muy tranquilo, por el cual las olas rompían prácticamente sobre la orilla, descargó la totalidad del agua de estas sobre playa firme.

A la luz de los progresos de la geología y la oceanografía en los 64 años transcurridos desde lo relatado, ¿es aceptable esta explicación? ¿A qué hipótesis alternativa recurriríamos hoy?

¿DE QUÉ SE TRATA?

Investigaciones realizadas en la última década arrojan luz sobre el origen de los tsunamis registrados en las costas marinas o en aguas interiores argentinas, incluido un episodio acaecido hace 64 años en Mar del Plata.

Tsunamis y maremotos

El término japonés *tsunami* (literalmente, ola de puerto) fue adoptado internacionalmente por la comunidad científica –en la reunión de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica celebrada en Hawái en 1961– para designar una serie de ondas de tamaño variable producto del desplazamiento en sentido vertical de una gran masa de agua. En zonas oceánicas profundas, pueden tener una longitud de onda de entre algunas decenas de metros y cientos de kilómetros, un período de onda de entre pocos minutos y varias horas, una velocidad de propagación de 100 a 1000km por hora, y una altura de onda generalmente inferior al metro. En aguas costeras someras, la velocidad disminuye, las ondas se amplifican, ganan altura (pero no siempre la primera ola es la más alta) y pueden superar los 30m al romper.

Un tsunami puede tener diferentes formas al llegar a la costa, según, entre otros factores, el tamaño y período de las ondas, el estado de la marea, las profundidades o batimetría y la morfología litoral. Con frecuencia, una disminución del nivel del mar, por el que este puede retroceder hasta o más de un kilómetro, precede a la llegada de las enormes olas. Otras veces el tsunami se aproxima como una pared vertical de agua turbulenta con desechos del fondo marino. También es posible que tome la forma de una rápida marea creciente, y los tsunamis de pequeña altura pueden ir acompañados de fuertes e inusuales corrientes costeras.

Se habla de *teletsunamis* si se originaron a más de 1000km del lugar en el que aparecieron o viajaron por más de tres

Las playas de Mar del Plata en la época del tsunami. Las playas Popular, Bristol y de los Ingleses (también llamada Saint James y hoy Varese) eran más angostas que ahora, en especial la última, entonces sin los espigones que la limitan en la actualidad. La playa Chica desapareció debido a la erosión marina.

Derecha. Playa Popular, 1949. Biblioteca Nacional
Abajo. Playa de los Ingleses, 1959. *La Capital*, Mar del Plata.

Playa Bristol, 1955. AGN

Playa Chica, 1950. *La Capital*, Mar del Plata.

horas; de *tsunamis regionales* si resultaron causados a entre 100 y 1000km o tuvieron una demora en llegar de entre una y tres horas, y de *tsunamis locales* si su origen estuvo a menos de 100km o tuvo un desplazamiento inferior a una hora.

El término *maremoto*, usado en el citado informe oficial y de empleo corriente entonces, es visto por algunos como sinónimo de tsunami, si bien este último concepto es más general en lo que respecta al origen y medio de propagación de las ondas, pues tsunami es aplicable a cualquier cuerpo de agua y su origen no está etimológicamente restringido solo a violentas sacudidas del fondo del mar provocadas por sismos y erupciones volcánicas explosivas.

Causas de los tsunamis

Más del 80% de los tsunamis importantes registrados en el mundo fueron el efecto de sismos, por lo que en los medios y en la mente del público terremotos y tsunamis están firmemente asociados. Sin embargo, también pueden causar tsunamis los deslizamientos en los fondos marinos de grandes volúmenes de roca o material no consolidado, llamados *procesos de remoción en masa*, las erupciones volcánicas, los cambios bruscos en las condiciones meteorológicas, el impacto de meteoritos y hasta las explosiones nucleares.

Para que un sismo genere un tsunami es necesario que tenga su hipocentro a poca profundidad (menos de 70km), que se produzca cerca de la costa y que sea de gran magnitud, por lo común superior a 6,4 en la escala de momento sísmico (Mw) –una escala que data de la década de 1970 y resulta más satisfactoria que la más conocida de Richter, establecida en la década de 1930–. Estas condiciones aparecen principalmente en ciertos sitios de encuentro de dos placas tectónicas llamadas *bordes de subducción*. Pero, aun con esas características, un sismo podría no desencadenar un tsunami, ya que estos son fenómenos complejos, dependientes de varios factores. Ello es válido también para los demás procesos generadores de tsunamis.

Acerca de tsunamis registrados en aguas argentinas, se piensa que oscilaciones en las aguas del Río de la Plata detectadas a bordo de una embarcación, el *Saturno*, en la madrugada del 5 de junio de 1888, sobre las que informó el diario *La Lucha*, de Colonia, se debieron a un sismo de magnitud superior a Mw 5 con epicentro en el Río de la Plata entre dicha ciudad y Buenos Aires e hipocentro a poca profundidad. Más recientemente, en los mareógrafos de la costa atlántica bonaerense se pudieron advertir ondas de alturas no mayores de 27cm, vestigios del tsunami provocado por un sismo (Mw 9,1-9,3) acaecido en Sumatra el 26 de diciembre de 2004.

Señalización preventiva en la ciudad de Iquique, hoy común en lugares con alto riesgo de tsunami.

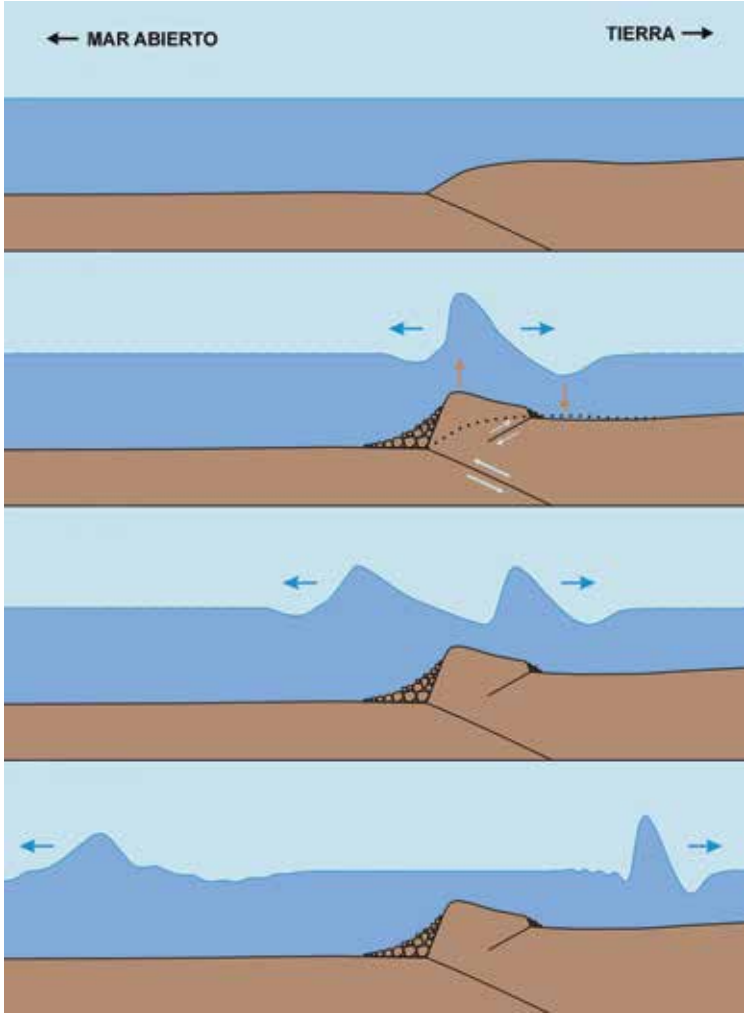
La ciudad y las playas centrales de Mar del Plata. Mapa dibujado sobre la base de un plano de LJ Rosso, 1950.

A pesar de que, frente a las costas argentinas y a gran distancia mar adentro, existen bordes de separación de placas tectónicas –denominados *bordes de expansión*– que presentan una frecuente sismicidad de baja magnitud, se identificaron vestigios de un posible tsunami de hace alrededor de 1500 años en el noroeste de las islas Malvinas, originado por un probable sismo en la dorsal mesoatlántica, aunque también pudo haberse debido a un deslizamiento submarino en dicha dorsal. El 17 de diciembre de 1949 se registraron oscilaciones rítmicas en las aguas del lago Fagnano, consecuencia de un sismo de magnitud Mw 7,8 con epicentro al oeste de la isla Grande de Tierra del Fuego. Otro sismo de magnitud Mw 7,3 ocurrido el 4 de agosto de 2003, con epicentro a unos 70km al estenoreste de la base Orcadas, en la Antártida, e hipocentro a 10km de profundidad, produjo un pequeño tsunami que fue amortiguado por el extenso campo de hielo marino existente en esa época del año.

Las principales fuentes de posibles tsunamis en esa zona austral se encuentran en bordes de subducción situados en las Shetland del Sur y en las Sándwich del Sur. En el sector

de las segundas, el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) registró entre 1921 y 2017 por lo menos cincuenta sismos de magnitudes iguales o mayores a Mw 6,4 e hipocentros a menos de 62km de profundidad, los cuales al parecer no ocasionaron tsunamis. No obstante, hay evidencias de que en los últimos 6000 años probablemente acontecieron en Tierra del Fuego tres de tales fenómenos, posiblemente originados en ese sector.

Los procesos de remoción en masa ocasionaron alrededor del 10% de los tsunamis registrados en el mundo. Se originan bajo las aguas o fuera de ellas y dejan marcas, llamadas cicatrices, que facilitan su identificación. Es factible que en los escarpados fiordos de la isla de los Estados o en las Georgias del Sur se produzcan dichos procesos y generen tsunamis. El 22 de mayo de 1960 acaecieron deslizamientos subacuáticos en el lago Nahuel Huapi que provocaron grandes olas sobre la costa de San Carlos de Bariloche. Estas destruyeron el antiguo muelle, hundieron embarcaciones menores y mataron a dos personas. El deslizamiento fue consecuencia de un fuerte terremoto sobrevenido ese día, el mayor registrado instrumentalmente (Mw 9,5), cuyo epicentro estuvo en las cercanías de la ciudad de Valdivia y afectó severamente, entre otras, dicha ciudad, Puerto Montt, Ancud, Castro y Corral, en la zona centro-sur de Chile.



Esquema simplificado de la generación de un tsunami tras un desplazamiento de bloques de la corteza oceánica en un borde de subducción.

También las erupciones volcánicas submarinas, en islas o cercanas a la costa, y los procesos asociados con ellas, como el colapso de los flancos del volcán y *flujos piroclásticos* en el mar, pueden generar tsunamis. Esto podría suceder en futuras erupciones en las islas Sándwich y Shetland del Sur, en las últimas de las cuales, en marzo de 1962, hizo erupción en forma explosiva el volcán submarino Protector Shoal. Se desconoce si el nutrido flujo submarino que provocó generó un tsunami local.

Perturbaciones como ondas de gravedad atmosféricas, bruscas variaciones de presión, sistemas frontales de tormenta o violentas ráfagas de viento pueden generar *meteotsunamis*. En la costa bonaerense, entre Necochea y el cabo San Antonio, ello sucede recurrentemente, pero el ascenso del mar es pequeño, con alturas de olas del orden de los 15 a 20cm.

La caída de meteoritos en el océano puede generar enormes tsunamis, de los que no existen registros de tiempos históricos, pero sí del pasado geológico. Así, una capa de roca arenisca de entre unos 15 y 25cm de espesor ubicada en la *cuenca neuquina* –una depresión geológica que cubre buena parte de la provincia del Neuquén– se considera el resultado del depósito de sedimentos dejado por el tsunami que desencadenó hace 65 millones de años un descomunal meteorito caído en la actual península de Yucatán, responsable de la extinción de los dinosaurios.

Tsunamis de origen antrópico podrían resultar de explosiones nucleares submarinas que liberen súbitamente una enorme cantidad de energía en un espacio reducido. No existe registro conocido de pruebas de este tipo cercanas de las costas argentinas.

Un tsunami en Australia

Un hecho similar al ocurrido en Mar del Plata, pero de mayor magnitud, aconteció el 6 de febrero de 1938 en Bondi Beach, en los suburbios de Sídney. Cerca de las 15, una rápida sucesión de tres olas golpeó esa playa y, en apenas veinte minutos, aproximadamente 250 personas fueron rescatadas del mar. Cinco perecieron ahogadas. Si bien este incidente fue el más notorio, en la costa este de Australia se documentaron varias grandes olas de origen desconocido en días tranquilos y despejados. Podrían haber sido tsunamis locales producto de deslizamientos submarinos en las empinadas pendientes de la plataforma continental. Se ha identificado más de un centenar de posibles cicatrices de tales deslizamientos.

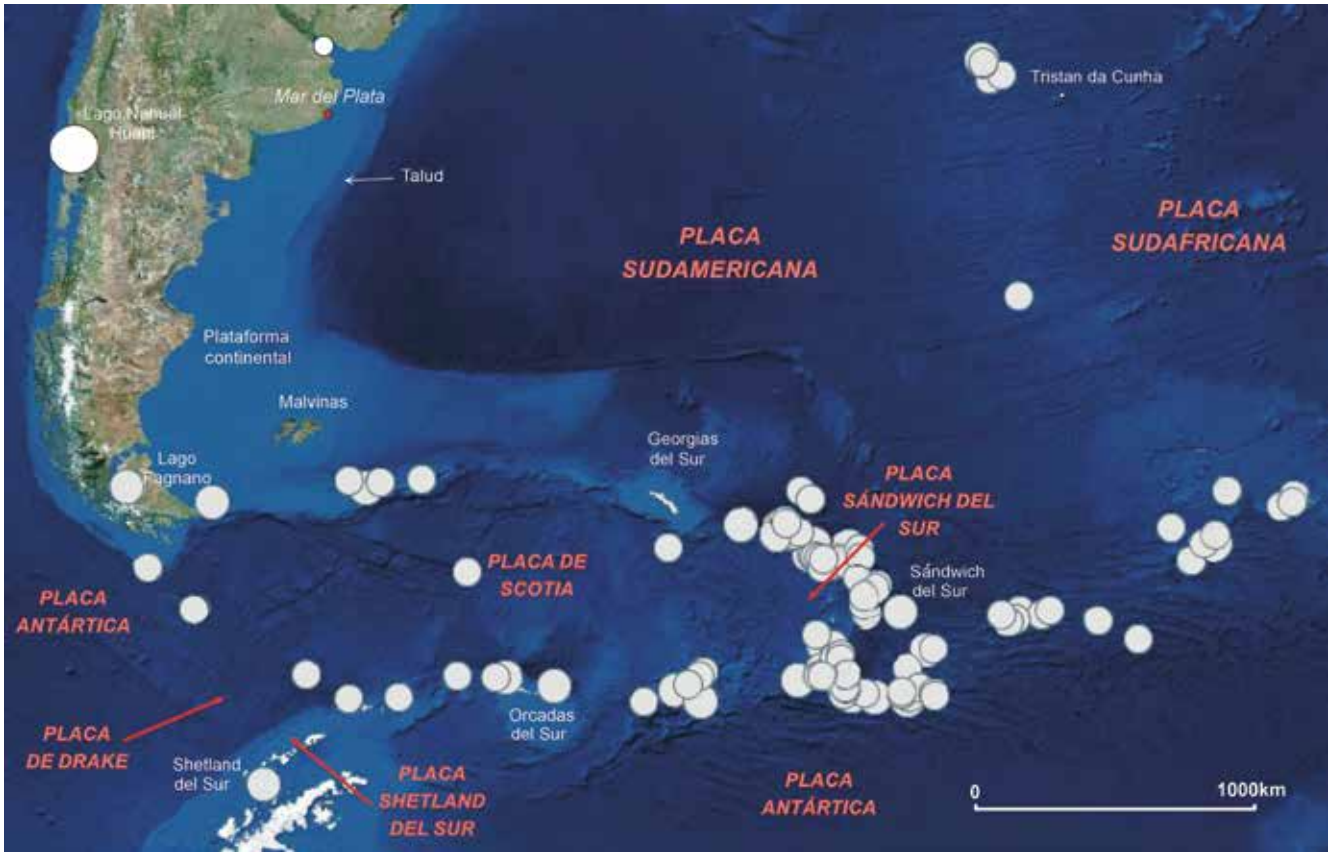
¿Qué pudo haber ocurrido en Mar del Plata?

Algunos indicios permiten suponer que pudo haberse tratado de un suave tsunami local o regional. Según la escala cualitativa de Sieberg-Ambraseys, que categoriza de 1 (muy suave) a 6 (desastroso) las intensidades de los tsunamis por sus efectos, tuvo categoría 2 (suave), pues fue percibido claramente por los bañistas.

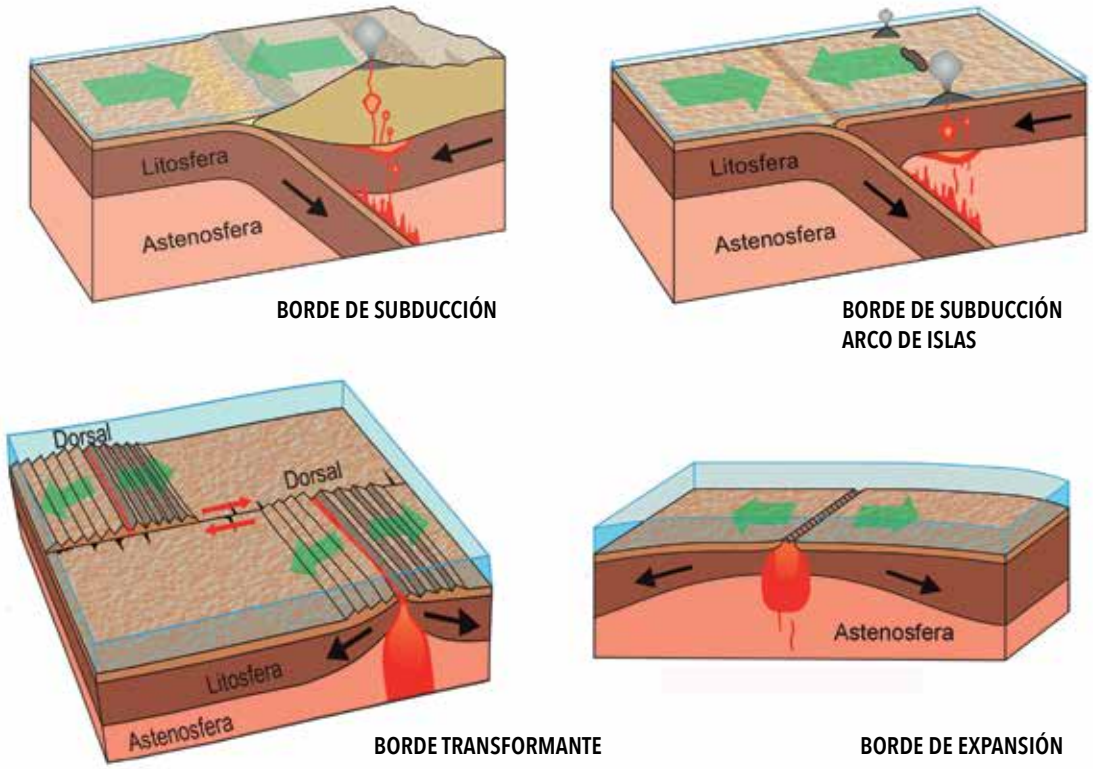
Ni el Instituto Nacional de Previsión Sísmica ni el USGS registraron sismos submarinos significativos ese día, lo que descarta la hipótesis del terremoto submarino. Tampoco se registraron erupciones volcánicas explosivas ni caídas de meteoritos, lo cual también excluye ambas posibilidades. Igualmente, no se tiene noticias de ensayos nucleares en el océano. Solo restan como posibles causas de un tsunami un proceso de remoción en masa o una perturbación atmosférica. Existen evidencias de cicatrices en el talud que forma el borde de la plataforma continental argentina del lado oceánico y de depósitos de materiales acumulados al pie de este. Sin embargo, comprobar si ese día ocurrió un fenómeno como el señalado es altamente complejo: se necesitarían datos batimétricos de alta resolución y muestras de sedimentos de zonas profundas del océano. La datación y el análisis petrográfico y geoquímico de estas permitiría calcular su edad, determinar la magnitud de la remoción y establecer el potencial del proceso para provocar un tsunami.

Finalmente, está la posibilidad de que el tsunami haya tenido origen atmosférico. Ese día, los datos de presión atmosférica en el nivel del mar brindados por la National Oceanic and Atmospheric Administration de los Estados Unidos (NOAA) indican que hubo en la región un sistema frontal de tormenta propagándose hacia el este. Tanto por observaciones de campo como por modelado numérico se ha verificado que, asociados con tales sistemas frontales, se propagan *ondas de gravedad atmosféricas* sobre la región costera bonaerense. Tales ondas, imperceptibles para la gente, se caracterizan por fluctuaciones de presión atmosférica de entre 2 y 3 hectopascales en lapsos de entre unos pocos minutos y hasta unas tres horas; estudios numéricos realizados en el Servicio de Hidrografía Naval establecieron que son capaces de generar meteotsunamis de varias decenas de centímetros de altura en la región costera bonaerense.

Actualmente se está investigando en el Servicio de Hidrografía Naval la posibilidad de que esas ondas at-



Placas tectónicas y sismicidad. Según el Servicio Geológico de los Estados Unidos, entre 1921 y 2017, en la región lindante a las costas argentinas se registraron 110 sismos –indicados por los círculos blancos– con hipocentros a menos de 70km de profundidad y magnitud igual o superior a Mw 6,4. Se advierte que estuvieron concentrados en el Atlántico sur y los mares antárticos, que resultan así el origen más probable de tsunamis que alcanzaron dichas costas. En la imagen se señalan también los sismos de Valdivia y del Río de la Plata mencionados en el texto.



Esquema de la interacción de placas tectónicas según el tipo de borde en sus zonas de encuentro.

mosféricas puedan generar ondas marinas superiores a 1m. Resultados preliminares indican que si su dirección, velocidad de propagación, amplitud y periodicidad alcanzaran determinados valores, podría producirse una resonancia en la plataforma continental interior que cause una fuerte amplificación de la onda oceánica. Esto permite suponer que el episodio del 21 de enero de 1954 no fue un maremoto, según la definición clásica, y que es altamente probable que haya sido un tsunami provocado por causas meteorológicas. CH

LECTURAS SUGERIDAS

BEIGT D *et al.*, 2003, 'El lago Nahuel Huapi: un registro de erupciones, deslizamientos y tsunamis', Ciencia Hoy, 130: 50-56.

BUJALESKY GG, 2012, 'Tsunami overtopping fan and erosive scarps at Atlantic Coast of Tierra del Fuego', *Journal of Coastal Research*, 28, 2: 442-456.

COMISIÓN OCEANOGRÁFICA INTERGUBERNAMENTAL, 2013, *Glosario de tsunamis*, Unesco, París.

DRAGANI WC *et al.*, 2011, 'Tide gauge observations of the Indian Ocean tsunami, December 26, 2004, at the Río de la Plata estuary, Argentina', en NILS-AXEL MA, *The Tsunami Threat. Research and Technology*, pp. 355-370, In-Tech, Viena, accesible en *https://www.intechopen.com/books/the-tsunami-threat-research-and-technology/tide-gauge-observations-of-the-indian-ocean-tsunami-december-26-2004-at-the-rio-de-la-plata-estuary.*

DRAGANI WC *et al.*, 2009, 'Vulnerability of the Atlantic Patagonian coast to tsunamis generated by submarine earthquakes located in the Scotia Arc region. Some numerical experiments', *Natural Hazards*, 49, 3: 437-458.

Rubén A Medina

Licenciado en geología, FCEN, UBA.
Licenciado en geografía, FFYL, UBA.
Profesor adjunto, Facultad de Ingeniería, UBA.
Auxiliar docente en la FCEN, UBA.
medinaruben01@yahoo.com.ar

Walter C Dragani

Licenciado en oceanografía, ITBA.
Doctor en ciencias de la atmósfera, FCEN, UBA.
Investigador independiente del Conicet en el Servicio de Hidrografía Naval.
Profesor asociado, Departamento Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEN, UBA.
dragani@hidro.gov.ar

Roberto A Violante

Licenciado en geología, UNLP.
Doctor en ciencias naturales, UNLP.
Integrante del grupo de Geología Marina, Servicio de Hidrografía Naval.
violante@hidro.gov.ar

Mariano Di Rubbo, Lucas Alul, Fernando Mendoza y Anahí Cuellas
Universidad Nacional de Quilmes

Aroma y percepción del sabor de los alimentos

Percibimos el mundo exterior por los sentidos, dos de los cuales –el gusto y el olfato, que llamamos quimiosensibles– se activan ante la presencia en el ambiente de determinadas sustancias. Ciertas células ubicadas respectivamente en el epitelio de la lengua o de la nariz, denominadas *receptores*, interactúan con las moléculas de esas sustancias. Gusto y olfato están íntimamente relacionados y, junto con otras características de los alimentos, como su textura y la temperatura a la cual se los sirve, determinan el sabor que les sentimos.

En otras palabras, el sabor, a diferencia del gusto, es el resultado de una compleja combinación de percepciones de nuestros sentidos. Como la mayoría de los sabores dependen marcadamente del olor de los alimentos, la incapacidad de percibir su gusto resulta con frecuencia una indicación de trastornos pasajeros o permanentes del sistema olfativo.

Los receptores del gusto son células epiteliales modificadas; los receptores olfativos son neuronas, es decir, células del propio sistema nervioso. La membrana de cada neurona receptora olfatoria posee un único tipo de proteína que detecta algunas de las diferentes sustancias odorantes. Cada molécula de esas sustancias puede ser detectada por varios receptores olfatorios, y cada receptor puede detectar a varias moléculas odorantes distintas. Cuando una neurona olfatoria es estimulada por una molécula odorante, se genera en el sistema nervioso una señal química que, convertida en señal eléctrica, llega a una estructura de la parte inferior del encéfalo llamada bulbo olfatorio, y de allí continúa a la corteza cerebral. A diferencia de los otros sistemas sensoriales, la información olfatoria no pasa por el tálamo.

La sensación que produce el proceso anterior, por el que señales originadas en el epitelio nasal llegan al cerebro, se llama el olor del compuesto odorante, y es lo que percibe el sentido del olfato. El epitelio en el que se originan las señales está en la parte superior de la nariz y se activa cuando inhalamos (es la olfacción ortonasal). Dada la comunicación de la nariz con la boca, también percibimos el olor de alimentos y bebidas que tenemos en la boca, especialmente si exhalamos (lo que se llama

¿DE QUÉ SE TRATA?

Un experimento de gabinete para analizar el efecto del sistema olfativo sobre la percepción del sabor de los alimentos.

olfacción retronasal). Cuando la mezcla de olores de los alimentos es placentera, se habla de aromas o fragancias, términos también aplicables a perfumes. Al mismo tiempo, olores y aromas dependen del contexto en que se perciben y de la historia de los individuos: algo agradable en un contexto o para alguien puede resultar desagradable en otro o para otros. Así, un alimento puede tener el mismo gusto pero diferente sabor para distintas personas.

Existe acuerdo entre los especialistas en que se pueden distinguir cinco sabores básicos (dulce, salado, amargo, ácido y umami). No así con los olores, para los que se han intentado algunas formas de clasificación, pero ninguna resultó adecuada más allá de ciertos empleos específicos. Por eso es difícil establecer con carácter general las combinaciones de olores y gustos más convenientes para lograr una mayor aceptación de los alimentos. Consideremos, por ejemplo, el jugo o zumo de limón, cuyo gusto predominante es ácido pero cuyo sabor viene además determinado, sobre todo, por varios compuestos aromáticos que desprende y que estimulan el epitelio olfatorio.

En las últimas décadas han cobrado importancia en la industria de alimentos y bebidas las investigaciones de

PREPARACIÓN DE ESFERAS DE YOGUR

Se parte de una mezcla de yogur de vainilla y lactato de calcio que se sumerge en un baño de alginato de sodio, que le da una cubierta gelificada. El ácido algínico y los alginatos, productos ampliamente difundidos en la industria alimentaria, se obtienen de algas pardas deshidratadas. El alginato de sodio es una sal sódica de un hidrato de carbono. Esta técnica de esterificación produce una vesícula gelificada en la superficie y líquida por dentro, y permite lograr un empaque natural comestible. Lo último es importante porque el envoltorio, que protege al producto de agentes externos, desempeña un papel primordial en la percepción del aroma y del sabor de un alimento. Con tal presentación es posible evaluar únicamente la influencia del olor en la percepción del sabor, y disminuir la incidencia de factores psicosociales. Las esferas se presentan a los sujetos experimentales en una cuchara como la de la fotografía.

Forma de presentar las preparaciones a los encuestados. En cada cuchara se coloca la porción de yogur de vainilla a ser degustada; los recipientes de la derecha contienen porciones en espera. Antes de darse la cuchara con la muestra a cada sujeto del experimento se le agrega, en la cavidad roja, una pastilla contenida en la bolsa de la izquierda aromatizada con una gota de una de las esencias contenidas en los pequeños frascos. La pastilla no toma el color del líquido ni la esencia entra en contacto con el yogur, y el sujeto solo puede identificar la esencia empleada en cada caso por el olor.

evaluación sensorial, orientadas a obtener productos con cualidades organolépticas bien recibidas por el consumidor. Consisten en pruebas sistemáticas y rigurosas por las que se procura descubrir las propiedades o los atributos más adecuados de un producto. Son, por así decirlo, experimentos de laboratorio, distintos de las reuniones sociales convocadas para degustar o catar alimentos o bebidas.

Como lo habíamos hecho para analizar el efecto de la textura de lo que comemos sobre el sabor que le sentimos ('Textura y percepción del sabor de los alimentos', Ciencia Hoy, 27, 161: 45-47, julio-agosto de 2018), en el Departamento de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes llevamos a cabo un experimento de dicho tipo con 88 participantes, hombres y mujeres de entre 15 y 75 años elegidos al azar. Actuando como jueces legos o no profesionales, cada uno probó dos muestras idénticas en forma, color y sabor de yogur de vainilla preparadas como se indica en el recuadro. Se eligió yogur de vainilla por tener un sabor fácil de percibir, además de ser el preferido de quienes consumen ese producto lácteo. A cada muestra se le yuxtapuso, en una cuchara especial que muestra la fotografía, una pastilla con una de dos esencias odorantes, para que, al probar el yogur, se percibiera también un aroma distintivo. Usamos en un caso esencia de maracuyá o fruta de la pasión (*Passiflora edulis*), originaria de la América tropical; en el otro, esencia del rábano picante wasabi (*Eutrema japonicum*), originario del Japón y usado en preparaciones de sushi.

El objetivo del experimento no fue analizar el efecto de distintos odorantes en el sabor vainilla, sino determinar si dos aromas diferentes afectan la percepción del sabor de un alimento conocido. Los aromas se eligieron de modo que sean totalmente distintos y no se relacionen con el sabor del alimento. Por otro lado, la relación previa de los consumidores con los aromas elegidos era menor que con otros más comunes.

Los participantes completaron luego una ficha de encuesta (que se reproduce) marcando con una cruz uno de seis casilleros, lo que equivale a emplear una escala numérica graduada de 0 a 5, para dar su opinión sobre la intensidad de tres sabores (dulce, ácido y salado) y sobre si la muestra les había agradado o desagradado. Los resultados del experimento se presentan en forma gráfica y en el cuadro como promedios simples de los valores asignados.

En líneas generales, puede concluirse que para los encuestados la muestra probada al percibir el aroma de maracuyá fue significativamente más agradable que la probada sintiendo el aroma de wasabi. Ambas muestras fueron consideradas marcadamente dulces, algo ácidas y escasamente saladas, pero el carácter dulce se consideró algo más marcado en presencia del olor a maracuyá,

Influencia del aroma en la percepción del sabor

Sabor dulce

Nada Dulce — Extremadamente dulce

Sabor ácido

Nada ácido — Extremadamente ácido

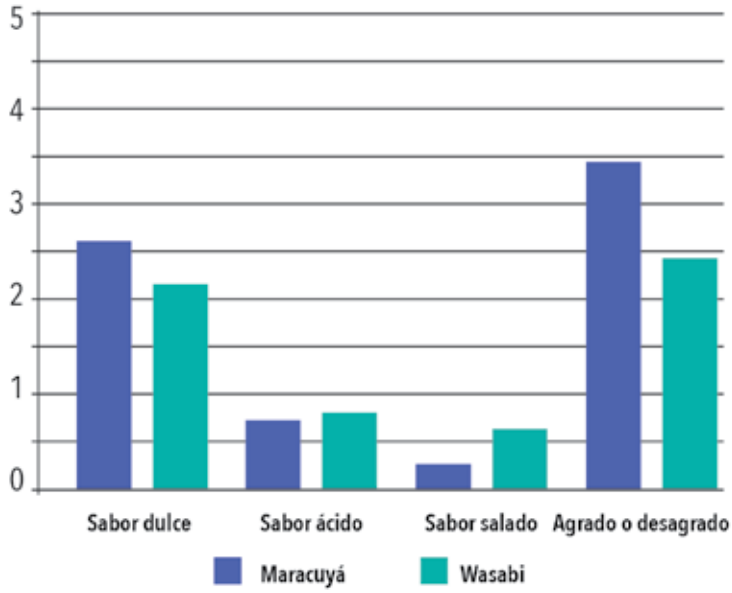
Aceptación del sabor

Me desagradó muchísimo — Me gustó muchísimo

Ficha de encuesta. Cada encuestado debió completar dos fichas: una para yogur de vainilla degustado percibiendo aroma de maracuyá, y otra, aroma de wasabi. En cada una de las cuatro filas debió poner una cruz en el casillero correspondiente a su opinión.

	Sabor dulce	Sabor ácido	Sabor salado	Agrado o desagrado
Maracuyá	2,54	0,70	0,19	3,37
Wasabi	2,09	0,81	0,57	2,40

Resultados de la encuesta en forma numérica. Promedio de los puntajes asignados en una escala de 0 a 5 (véase la ficha de encuesta) por cada uno de los 88 participantes en el experimento de probar muestras del mismo alimento –yogur de vainilla– en presencia de dos aromas distintos, maracuyá y wasabi.



Resultados de la encuesta en forma gráfica.

mientras que la otra muestra se percibió muy levemente más ácida y más salada. Sin embargo, la diferencia de acidez entre ambas muestras percibida por los encuestados fue insignificante, y las dos fueron encontradas escasamente saladas, sobre todo la probada al sentir el aroma de maracuyá. También puede concluirse que la incidencia del olfato en la percepción del sabor es considerablemente más acentuada para sabores dulces y prácticamente inexistente para los ácidos.

Los resultados del experimento parecen coherentes con la afirmación consignada anteriormente de que sabores y aromas se perciben en el contexto de la historia de los individuos. Así, puede suponerse que un aroma frutal se relaciona de manera natural y cotidiana con el yogur, y que en la mayoría, sino en todos, los integrantes de la muestra el yogur produjo esa asociación. En cambio, es posible que el aroma del wasabi, seguramente menos conocido, de todos modos haya sido asociado con salsas o aderezos, además de con sushi, por quienes hubiesen tenido alguna familiaridad con tal preparación.

En consecuencia, el sabor salado se percibió en mayor medida en el yogur aromatizado con wasabi, al que sin embargo no se le había agregado sal; y lo mismo ocurrió con el sabor dulce, que resultó asociado con el aroma de maracuyá aunque no se había agregado endulzante al yogur. En otras palabras, el aroma genera una expectativa relacionada a la memoria gustativa y a las emociones de quien lo percibe.

Si bien los integrantes de la muestra constituyeron un grupo numeroso y heterogéneo, los resultados solo pueden tomarse como un indicio de las probables reacciones del resto de la población. La evaluación sensorial de los alimentos es una función primaria de las personas, sean hombres o mujeres. Desde su nacimiento cada individuo acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con las sensaciones que experimenta al consumirlos, y genera así una *memoria sensorial* que influye en la elección y condiciona la percepción del gusto de lo que come. Por ello, el valor de las evaluaciones sensoriales aumenta a medida que se incrementa el número de las personas que participan en experimentos como el relatado, lo mismo que si su diversidad en materia de cuestiones como sexo, edad, ocupación, nivel educativo, ingresos, religión, etcétera, se asemeja a la diversidad de toda la población.

Para la industria alimentaria, lo mismo que para la cocina comercial u hogareña, tiene importancia que se perciba un aroma agradable en los alimentos, que conduzca a encontrar placentero su sabor. Los responsables de esas actividades tienen instrumentos para crear aromas y sabores que pueden estimular efectivamente la mente y no solo la boca del comensal. CH

Mariano Di Rubbo

Estudiante de grado de ingeniería en alimentos, UNQ.

Lucas Alul

Estudiante de grado de ingeniería en alimentos, UNQ.

Fernando Mendoza Carolina

Estudiante de grado de ingeniería en alimentos, UNQ.

Anahí Cuellas

Licenciada en biotecnología, UNQ.
Magíster en ciencia y tecnología de alimentos, Universidad Nacional del Litoral.
Profesora adjunta, UNQ.
acuellas@gmail.com

LECTURAS SUGERIDAS

BUCK L & AXEL R, 1991, 'A novel multigene family may encode odorant receptors: A molecular basis for odor recognitions', *Cell,* 5, 175-187: 1.

CORDERO-BUESO GA (ed.), 2013, *Aplicación del análisis sensorial de los alimentos en la cocina y en la industria alimentaria*, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, accesible en *https://www.researchgate.net/profile/Gustavo_Cordero-Bueso/publication/262561546_ APLICACION_DEL_ ANALISIS_SENSORIAL_DE_LOS_ALIMENTOS_EN_LA_COCINA_Y_EN_LA_INDUSTRIA_ALIMENTARIA/links/0a85e537fdb346e28d000000/APLICACION-DEL-ANALISIS-SENSORIAL-DE-LOS-ALIMENTOS-EN-LA-COCINA-Y-EN-LA-INDUSTRIA-ALIMENTARIA.pdf.*

DANDO R & NOEL C, 2015, 'The effect of emotional state on taste perception', *Appettite*, 95: 89-95.

LAWLESS HT & HEYMANN H (eds.), 2010, *Sensory Evaluation of Food*, Springer, Berlín.

ÍNDICE del volumen 27

Autores

Adrogué, Cecilia
Ver: Ana Fanelli

Agnolin, Federico L
Las aves en el tiempo de los dinosaurios, 159: 35

Alul, Lucas
Ver: Mariano Di Rubbo

Amarillo, Yimy
Ver: Marcela S Nadal

Andreoli Bize, Julieta
Ver: Luis Fernández

Arbó, Diego
Ver: Enrique Kawamura

Aromí, J Daniel
Los premios Nobel 2017, 157: 57

Arrighetti, Florencia
Ver: Marcelo A Scelzo

Battauz, Yamila
Ver: Diego Frau

Boscaini, Alberto
Perezosos *ma non troppo*, 162: 34

Brissón Egli, Federico
Ver: Marcelo Pablo Isasi

Canale, Juan I
La diversidad de los dinosaurios carnívoros, 159: 27

Caramelo, Julio
Ver: Enrique Kawamura

Carballido, José Luis
Patagotitan, ¿el dinosaurio más grande del mundo?, 157: 18

Cerda, Ignacio Alejandro
Mirando gigantes con lupa. La importancia de la paleohistología para el estudio de los dinosaurios, 159: 13

Ceriani, M Fernanda
Ver: D Lorena Franco

Ciencia Hoy
Aimé Bonpland. Médico, botánico y emprendedor, 158: 32
Áreas de conservación del medio marino, 161: 13
Aves amenazadas por el calentamiento global, 157: 8
Cambio climático, glaciares y volcanes, 158: 8
¿Cuándo salió *Homo sapiens* de África?, 160: 11
El poblamiento de América, 160: 13
Las Malvinas, ¿objeto de investigación? Enfoques sobre la historia de las Malvinas, 157: 33
¿Los calamares se están adueñando de los océanos?, 157: 11

Coluccio Leskow, Federico
Colinealidad ancestral, 162: 11
¡Qué momento!, 161: 12

Coria, Rodolfo A
La diversidad de los dinosaurios herbívoros, 159: 20

Cornaglia, Pablo S
En busca del calor perdido. Efecto Seebeck y materiales termoeléctricos, 160: 20

Cucchi, Laura
Nuevas miradas sobre la construcción del Estado argentino, 161: 49

Cuellas, Anahí
Ver: Diana Szelagowski
Ver: Mariano Di Rubbo

Curino, Alejandro
Con supergenes se evoluciona mejor, 157: 10
El organismo unicelular que llevamos dentro, 161: 8

Damborenea, Cristina
La fauna invisible entre los granos de arena, 157: 9
Garrapatas y dinosaurios, 161: 10

Dantas, Ezequiel
Ver: Enrique Kawamura

Dari, Carolina
Ver: Diana Szelagowski

Delbecq, Denis
Viaje al centro del átomo, 158: 20

De Luca, Miguel
Ver: Andrés Malamud

Díaz, Mario C
Ver: J Daniel Aromí

Díaz de Astarloa, Juan Martín
Los peces de aguas profundas, 160: 53

Di Rubbo, Mariano
Aroma y percepción del sabor de los alimentos, 162: 57

Dragani, Walter C
Ver: Rubén A Medina

Ezcurra, Martín D
El amanecer de los dinosaurios, 159: 7

Fanelli, Ana
Acceso y graduación en la educación superior en la Argentina, 160: 41

Fernández, Luis
Peces subterráneos de Sudamérica, 157: 43

Forasiepi, Analía M
Ver: Agustín G Martinelli

Franco, D Lorena
Drosophila melanogaster, un versátil organismo modelo, 157: 12

Frau, Diego
Lagunas altoandinas y puneñas de Catamarca, 162: 18

García, Jaime
Guía del cielo nocturno. Número 42, enero-junio de 2018, 158: 61
Guía del cielo nocturno. Número 43, julio-diciembre de 2018, 160: 61

Gascue, Federico
A jugar al fútbol se aprende mirando… o por lo menos así lo hacen los abejorros, 158: 10

Gattone, Aníbal O
¿Descubrió ANITA algo nuevo?, 162: 10

Geffner, Jorge
Ver: Enrique Kawamura

Guber, Rosana
A 35 años, ¿vale la pena estudiar la guerra de Las Malvinas?, 157: 37

Herrmann, Carlos
Rocas y minerales como fertilizantes de los suelos agrícolas, 158: 11

Hirsch, Leonardo D
Representación proporcional en Buenos Aires en 1873, 158: 53

Isasi, Marcelo Pablo
Técnicas paleontológicas, 159: 59
Ver: Fernando E Novas

Kadener, Sebastián
Ver: J Daniel Aromí

Kawamura, Enrique
Los premios Nobel 2018, 162: 41

López, Hugo Luis
Ver: Luis Fernández

Mabragaña, Ezequiel
Ver: Juan Martín Díaz de Astarloa

Maciá, Arnaldo
Las 'tácticas' de *Aedes aegypti*, 158: 26

Malamud, Andrés
Nacionalismo y autodeterminación de los pueblos, 162: 12

Manzano, Valeria
A cincuenta años de las revueltas del 68, 160: 46

Marconi, Patricia
Ver: Diego Frau

Martí, Marcelo A
Ver: Sebastián A Vishnopolska

Martinelli, Agustín G
Cinodontes triásicos y mamíferos en el tiempo de los dinosaurios, 159: 52

Martínez, Oscar
Ver: Enrique Kawamura

Medina, Rubén A
Un tsunami no reconocido en Mar del Plata, 162: 50

Mendoza, Fernando
Ver: Mariano Di Rubbo

Nadal, Marcela S
El tálamo en el centro de la atención, 160: 36

Notari, Carla
Centrales nucleares. Presente y futuro, 157: 26

Novas, Fernando E
Chilesaurus, un rompecabezas evolutivo, 159: 42
Los dinosaurios y su tiempo, 159: 4

Oesterheld, Martín
Las plantas de América, 160: 10

Oyarzabal, Mariano
Nuevo mapa fitogeográfico de la Argentina, 161: 14

Paulina-Carabajal, Ariana
Ver: María Jimena Trotteyn

Penchaszadeh, Víctor B
Edición genética. Breve historia del desarrollo de la genética en medicina, 162: 25

Pírez, Nicolás
Ver: J Daniel Aromí
Ver: Federico Gascue

Pol, Diego
Ver: José Luis Carballido

Quirós, Julieta
Política y sectores populares. La investigación social ante una relación siempre vidriosa, 157: 52

Rabinovich, Gabriel
Ver: Enrique Kawamura

Ramos, Silvina
Aborto, 160: 14

Reynoso, Estela M
Muere una estrella, 161: 21

Salgado, Leonardo
Ver: Rodolfo A Coria
Ver: Fernando E Novas

Scelzo, Marcelo A
La Argentina, país de langostinos, 161: 26

Seco Pon, Juan Pablo
Albatros. Gigantes del viento oceánico, 158: 46

Soares, Marina B
Ver: Agustín G Martinelli

Soria, Marcelo
Ciencia de datos. Novedoso campo de conocimiento, 161: 55

Sosa Escudero, Walter
Big data. Oportunidades y desafíos para las ciencias sociales, 160: 30

Suchecki, Stephanie
Ver: Diana Szelagowski

Szelagowski, Diana
Textura y percepción del sabor de los alimentos, 161: 45

Trotteyn, María Jimena
Paleoneurología, 161: 60

Velázquez, Francisco
Ver: Araceli Visentin

Violante, Roberto A
Ver: Rubén A Medina

Visentin, Araceli
Una ameba social y previsora, 161: 9

Vishnopolska, Sebastián A
Genética y 'medicina de precisión', 161: 38

Wolosiuk, Alejandro
Ver: J Daniel Aromí

Artículos

Aborto
Silvina Ramos, 160: 14

***Aedes aegypti*, Las 'tácticas' de**
Arnaldo Maciá, 158: 26

Albatros. Gigantes del viento oceánico
Juan Pablo Seco Pon, 158: 46

Átomo, Viaje al centro del
Denis Delbecq, 158: 20

Aves en el tiempo de los dinosaurios, Las
Federico L Agnolin, 159: 35

Big data. Oportunidades y desafíos para las ciencias sociales
Walter Sosa Escudero, 160: 30

Bonpland. Médico, botánico y emprendedor, Aimé
Ciencia Hoy, 158: 32

Centrales nucleares. Presente y futuro
Carla Notari, 157: 26

***Chilesaurus*, un rompecabezas evolutivo**
Fernando E Novas, Leonardo Salgado y Marcelo Pablo Isasi, 159: 42

Ciencia de datos. Novedoso campo de conocimiento
Marcelo Soria, 161: 55

Cinodontes triásicos y mamíferos en el tiempo de los dinosaurios
Agustín G Martinelli, Marina B Soares y Analía M Forasiepi, 159: 52

Dinosaurios, El amanecer de los
Martín D Ezcurra, 159: 7

Dinosaurios carnívoros, La diversidad de los
Juan I Canale, 159: 27

Dinosaurios herbívoros, La diversidad de los
Rodolfo A Coria y Leonardo Salgado, 159: 20

***Drosophila melanogaster*, un versátil organismo modelo**
D Lorena Franco y M Fernanda Ceriani, 157: 12

Edición genética. Breve historia del desarrollo de la genética en medicina
Víctor B Penchaszadeh, 162: 25

Educación superior en la Argentina, Acceso y graduación en la
Ana Fanelli y Cecilia Adrogué, 160: 41

Efecto Seebeck y materiales termoeléctricos, En busca del calor perdido
Pablo S Cornaglia, 160: 20

Estado argentino, Nuevas miradas sobre la construcción del
Laura Cucchi, 161: 49

Estrella, Muere una
Estela M Reynoso, 161: 21

Genética y 'medicina de precisión'
Sebastián A Vishnopolska y Marcelo A Martí, 161: 38

Lagunas altoandinas y puneñas de Catamarca
Diego Frau, Patricia Marconi y Yamila Battauz, 162: 18

Langostinos, La Argentina, país de
Marcelo A Scelzo y Florencia Arrighetti, 161: 26

Malvinas?, A 35 años, ¿vale la pena estudiar la guerra de Las
Rosana Guber, 157: 37

Malvinas, ¿objeto de investigación?, Las. Enfoques sobre la historia de las Malvinas
Ciencia Hoy, 157: 33

Mapa fitogeográfico de la Argentina, Nuevo
Mariano Oyarzabal, 161: 14

Nacionalismo y autodeterminación de los pueblos
Andrés Malamud y Miguel De Luca, 162:12

Paleohistología para el estudio de los dinosaurios, Mirando gigantes con lupa. La importancia de la
Ignacio Alejandro Cerda, 159: 13

Paleoneurología
María Jimena Trotteyn y Ariana Paulina-Carabajal, 161: 60

Patagotitan, ¿el dinosaurio más grande del mundo?
José Luis Carballido y Diego Pol, 157: 18

Peces de aguas profundas, Los
Juan Martín Díaz de Astarloa y Ezequiel Mabragaña, 160: 53

Peces subterráneos de Sudamérica
Luis Fernández, Julieta Andreoli Bize y Hugo Luis López, 157: 43

Perezosos *ma non troppo*
Alberto Boscaini, 162: 34

Política y sectores populares. La investigación social ante una relación siempre vidriosa
Julieta Quirós, 157: 52

Representación proporcional en Buenos Aires en 1873
Leonardo D Hirsch, 158: 53

Revueltas del 68, A cincuenta años de las
Valeria Manzano, 160: 46

Rocas y minerales como fertilizantes de los suelos agrícolas
Carlos Herrmann, 158: 11

Tálamo en el centro de la atención, El
Marcela S Nadal y Yimy Amarillo, 160: 36

Técnicas paleontológicas
Marcelo Pablo Isasi y Federico Brissón Egli, 159: 59

Tsunami no reconocido en Mar del Plata, Un
Rubén A Medina, Walter C Dragani y Roberto A Violante, 162: 50

Cartas de lectores

Autores de los artículos y las ideas fundacionales de Ciencia Hoy, Los
Ernesto E Maqueda, 160: 6

Ciencia en el mundo

Premios Nobel 2017, Los
J Daniel Aromí, Mario C Díaz, Nicolás Pírez, Sebastián Kadener y Alejandro Wolosiuk, 157: 57

Premios Nobel 2018, Los
Enrique Kawamura, Diego Arbó, Oscar Martínez, Jorge Geffner, Ezequiel Dantas, Gabriel Rabinovich y Julio Caramelo, 162: 41

Ciencia y sociedad

Aroma y percepción del sabor de los alimentos
Mariano Di Rubbo, Lucas Alul, Fernando Mendoza y Anahí Cuellas, 162: 57

Textura y percepción del sabor de los alimentos
Diana Szelagowski, Stephanie Suchecki, Carolina Dari y Anahí Cuellas, 161: 45

Editorial

Aborto en la Argentina, El, 160: 4

ADN y sus consecuencias, La secuenciación del, 157: 4

Cambio climático, Mediciones recientes del, 161: 4

Dinosaurios y su tiempo, Los
Fernando E Novas, 159: 4

Paleontología, geología y nuestra noción del tiempo, 158: 4

30 años de Ciencia Hoy, 162:4

Grageas

Abejorros, A jugar al fútbol se aprende mirando… o por lo menos así lo hacen los
Federico Gascue y Nicolás Pírez, 158: 10

Ameba social y previsora, Una
Araceli Visentin y Francisco Velázquez, 161: 9

Aves amenazadas por el calentamiento global
Ciencia Hoy, 157: 8

Calamares se están adueñando de los océanos?, ¿Los
Ciencia Hoy, 157: 11

Cambio climático, glaciares y volcanes
Ciencia Hoy, 158: 8

Colinealidad ancestral
Federico Coluccio Leskow, 162: 11

Conservación del medio marino, Áreas de
Ciencia Hoy, 161: 13

¿Descubrió ANITA algo nuevo?
Aníbal O Gattone, 162: 10

Fauna invisible entre los granos de arena, La
Cristina Damborenea, 157: 9

Garrapatas y dinosaurios
Cristina Damborenea, 161: 10

***Homo sapiens* de África?, ¿Cuándo salió**
Ciencia Hoy, 160: 11

Organismo unicelular que llevamos dentro, El
Alejandro Curino, 161: 8

Plantas de América, Las
Martín Oesterheld, 160: 10

Poblamiento de América, El
Ciencia Hoy, 160: 13

¡Qué momento!
Federico Coluccio Leskow, 161: 12

Supergenes se evoluciona mejor, Con
Alejandro Curino, 157: 10

Nota

Guía del cielo nocturno. Número 42, enero-junio de 2018
Jaime García, 158: 61

Guía del cielo nocturno. Número 43, julio-diciembre de 2018
Jaime García, 160: 61

¡NO TE PIERDAS EL CONOCIMIENTO DE LAS CIENCIAS!

SUSCRIBITE A

CIENCIA HOY DE LOS CHICOS

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

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

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

130 profesionales, 249.600 horas de investigación al año.

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

Tecnología en el producto. Innovación en el servicio.

www.tenaris.com/argentina

Tenaris