GIFNGIA FOY

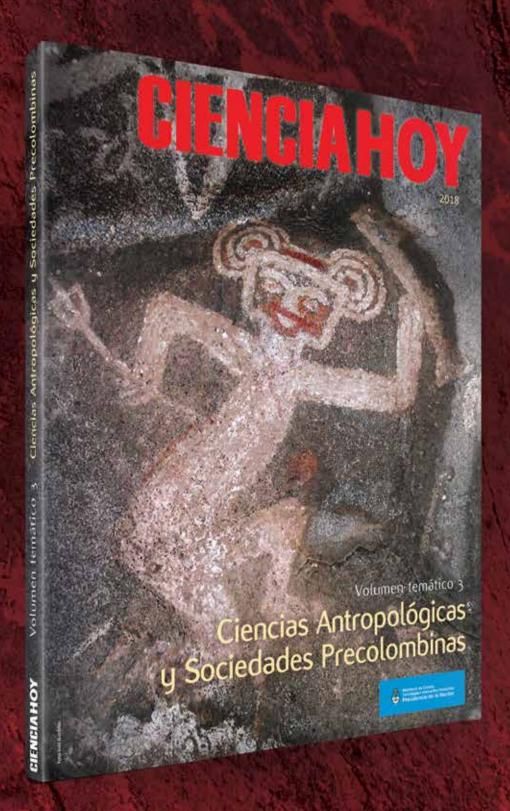
Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy Volumen 27 número 161 julio - agosto 2018 Ejemptar en la Argentina +140



Muere una estrella

Paleoneurología
Un nuevo mapa fitogeográfico
Explosión de la pesca del langostino
La construcción del Estado argentino

CIENCIA HOY continúa con la serie de volúmenes temáticos, con 256 páginas que comprenden 29 artículos sobre Ciencias antropológicas y sociedades precolombinas publicados en la revista. Editores Ingrid de Jong y Gustavo Politis.



www.cienciahoy.org.ar contacto@cienciahoy.org.ar RevistaCienciaHoy Tel (011) 4961 1824 Fax (011) 4962 1330

CIENCIAHOY

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

Omar Coso

Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias, UBA-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), 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

Nº de registro DNDA 5345384

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.



Sumario



Julio - agosto 2018 Volumen 27 - número 161

EDITORIAL

Mediciones recientes del cambio climático

HACE 25 AÑOS EN CIENCIA HOY

6 Volumen 4 - número 20

Septiembre - octubre 1992

GRAGEAS

ARTÍCULO

15 Nuevo mapa fitogeográfico de la Argentina

Mariano Oyarzabal

Un grupo de doce investigadores que trabajan en siete entidades académicas argentinas confeccionó un nuevo mapa de la vegetación natural o espontánea del país -integrada por especies nativas o exóticas adaptadas al medio- basado en detalladas investigaciones realizadas y publicadas por botánicos y ecólogos a lo largo de los últimos cincuenta años.

ARTÍCULO

Muere una estrella

Estela M Reynoso

Una supernova es una explosión cósmica que marca la muerte de una estrella. Esos cataclismos ocurren en momentos y lugares imposibles de prever con los conocimientos y las técnicas actuales de observación y de análisis de datos, aunque esas técnicas permiten advertir las que tuvieron lugar, aunque algún tiempo después de suceder. Por eso, el hecho de que un astrónomo aficionado de Rosario, por absoluta casualidad pero gracias a su pericia, haya fotografiado una supernova a pocos minutos de producirse es un acontecimiento asombroso e inédito en la historia mundial de la astronomía.

ARTÍCULO

La Argentina, país de langostinos

Marcelo A Scelzo y Florencia Arrighetti

Vistos en las pescaderías, langostinos y camarones parecen ejemplares de diferente tamaño del mismo marisco, pero son dos especies distintas de crustáceos del Atlántico sudoccidental. En los últimos veinte años, los primeros se convirtieron en un boom de la industria pesquera, al punto de que la Argentina registra los valores mundiales más altos de captura de crustáceos de su familia. Los biólogos marinos buscan la explicación de este fenómeno e indagan por qué no se advierten signos de sobreexplotación.

ESPACIO INSTITUCIONAL DEL CONICET

32 Ciencia en tu vida

ARTÍCULO 39

Genética y 'medicina de precisión'

Sebastián A Vishnopolska y Marcelo A Martí

Las características hereditarias de las personas, producto de los genes que recibieron de sus progenitores, gobiernan muchos aspectos de sus vidas, entre ellos las enfermedades que padecen, algunas de las cuales están absolutamente determinadas por la constitución genética del paciente. Por eso la medicina encontró un poderoso instrumento de diagnóstico en la genómica, o el conocimiento de los genes, que ha avanzado al punto de acercarse a permitir la realización del mapa detallado (o secuenciación) de todos los genes (o genoma) de un individuo. Esto permitiría aplicar una medicina personalizada o de precisión, que diagnostica y trata a cada paciente sobre la base de las características distintivas de su organismo y no sobre las del paciente promedio.

CIENCIA Y SOCIEDAD

45 Textura y percepción del sabor de los alimentos

Diana Szelagowski, Stephanie Suchecki, Carolina Dari y Anahí Cuellas

Si bien el gusto que 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 las autoras, 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.

ARTÍCULO

49 Nuevas miradas sobre la construcción del Estado argentino

Laura Cucchi

La declaración de la independencia en Tucumán en 1816 no marcó el nacimiento de la Nación Argentina y de su sustrato jurídico institucional, el Estado, sino el comienzo de un largo y turbulento proceso de negociaciones y conflictos armados que, para la opinión historiográfica prevaleciente, solo arribó a un punto de relativa estabilidad al cabo de sesenta y cuatro años, con la federalización de Buenos Aires en 1880. En las últimas dos décadas, las nuevas generaciones de historiadores han cambiado la forma de concebir ese proceso de construcción del Estado argentino.

ARTÍCULO

55 Ciencia de datos. Novedoso campo de conocimiento

Marcelo Soria

La ciencia de datos estudia y diseña procesos de captura de datos, y métodos para su modelado y comunicación. ¿Cuánto conocimiento nuevo es posible generar a partir del análisis de datos personales, datos multimedia, actividad en redes sociales y registrados por cámaras de seguridad y otros sensores?

ARTÍCULO

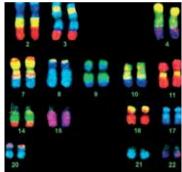
60 Paleoneurología

María Jimena Trotteyn y Ariana Paulina-Carabajal

El estudio del cerebro y de otros órganos del sistema nervioso central de especies animales extinguidas permitiría determinar cómo veían, oían o se movían, qué inteligencia tenían y cómo se reflejaba esto en su modo de vida y su relación con el hábitat. Pero ese estudio versa sobre órganos que se degradaron después de la muerte de cada individuo, por lo cual solo cabe buscar claves de sus características en los huesos de la cabeza que se pudieron haber conservado como fósiles, en especial, en la caja craneana.















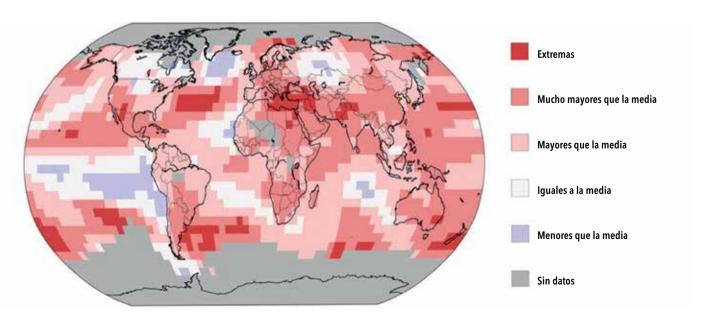
Mediciones recientes del cambio climático

n materia de cambio climático, en los últimos años la opinión pública se ha visto expuesta a torrentes de opiniones contradictorias emitidas por supuestos expertos, a marchas y contramarchas de gobiernos, a cambios de posición de liderazgos de peso mundial (como el de los Estados Unidos), a compromisos internacionales asumidos e incumplidos, a la puja de intereses particulares de países e industrias elevados sofísticamente a la categoría de bienes incuestionables, en una palabra, a una continua confusión de ideas y acciones de difícil manejo por el hipotético ciudadano medio.

En los círculos científicos internacionales, sin embargo, no hay tal confusión: el cambio climático global se hace cada vez más intenso. Es lo que se desprende de registros meteorológicos sistemáticos y rigurosos realizados desde hace décadas en numerosos puntos del planeta. Es lo que demuestra el más reciente informe de la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera

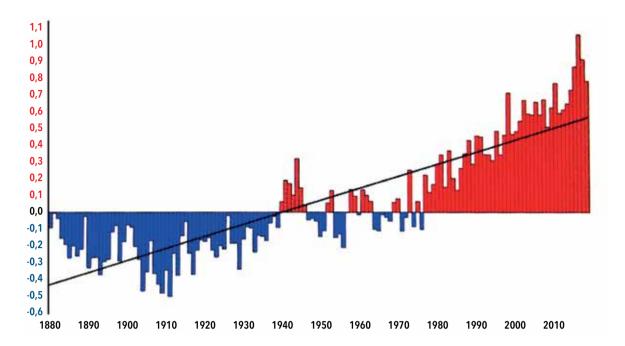
(NOAA) de los Estados Unidos (https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201713), según el cual el semestre enero-junio de 2018 fue el cuarto más caliente de los últimos 138 años. Los años 2015, 2016 y 2017 también marcaron recientes records de esta clase.

El documento de la NOAA reunió datos proporcionados por arriba de quinientos investigadores de más de sesenta países. De ellos se desprende, igualmente, que el calentamiento global de 2017 y 2018 no se debió al fenómeno cíclico de incremento de la temperatura de las aguas del Pacífico oriental llamado El Niño, cuya influencia fue apreciable en los dos años precedentes. El registro de temperaturas más elevadas que el promedio histórico fue global, como lo muestra el mapa correspondiente a los registros del primer semestre de 2018 comparados con los valores medios del período 1900-2000. Los datos pintan un panorama semejante al que se desprende del gráfico construido con información que cubre los mencionados últimos 138 años.



Variación de las temperaturas registradas en el mundo en el primer semestre de 2018 con relación a los valores medios del siglo XX. Fuente National Oceanic and Atmospheric Administration

Crecimiento de las temperaturas globales de la tierra y el mar durante el primer semestre de cada año entre 1880 y 2018 con relación a la media del período. Los valores del eje vertical son grados Celsius por debajo (en azul) y por encima (en rojo) de la media del período indicada por la línea horizontal coincidente con el cero. La línea inclinada indica la tendencia de largo plazo.



El cambio climático es un fenómeno complejo cuya mecánica solo se comprende en forma parcial, pero cuyos efectos se manifiestan en variaciones medibles de muy diversos parámetros, las principales de las cuales son incremento de la temperatura del aire tanto sobre los continentes como sobre los océanos, a gran altura lo mismo que en la superficie, incremento del vapor a agua atmosférico, mayor concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, mayor cantidad de calor almacenado en los mares y menos hielo en estos, menor cobertura de nieve y retracción de los glaciares, suba del nivel del mar, etcétera.

Existe amplio acuerdo entre los investigadores del fenómeno en que el calentamiento global de los últimos cincuenta años se debe primariamente a la actividad humana, sobre todo al uso de combustibles fósiles y la consiguiente liberación a la atmósfera de CO₂. En 2017 la concentración en la atmósfera de ese gas de efecto invernadero alcanzó un pico, con 405 partes por millón, un 2% más que en 2016. La comparación de esta cifra con gases atrapados en los hielos polares indica que esa concentración no se alcanzaba desde hace 800.000 años.

Por su parte, las temperaturas de la superficie de los océanos medidas en los últimos tres años (2015-2017) fueron las más altas desde que hay mediciones. Los océanos absorben más del 90% del exceso del calor debido al efecto invernadero (el resto va a la atmósfera, los hielos y el suelo). El nivel medio de los mares aumentó –se estima que en estos momentos lo está haciendo al ritmo de 3,1cm por decenio— y los hielos polares se redujeron, al

punto de cubrir, en el Ártico, una superficie 25% menor que en los treinta años anteriores.

Más calor en la tierra y en los mares, así como el incremento de la temperatura de la atmósfera, quedaron asociados tanto con más lluvias como con excepcionales sequías en distintas regiones del planeta, lo mismo que con la abundancia e intensidad excepcionales de los huracanes que azotaron el Caribe y el sur de los Estados Unidos, con vientos cercanos a los 300km/h.

En 2017 se marcaron en la Argentina por lo menos dos records: el 27 de enero se registró una temperatura atmosférica máxima de 43,5°C en Puerto Madryn, la más alta jamás medida tan al sur (43°S) en el mundo, y en Comodoro Rivadavia, el 30 de marzo de 2017 llovió 232mm en 24 horas, casi cinco veces el record anterior de 48,3mm en 1976. Señalemos, de paso, que en el mapa aparece pintada en el rojo más intenso la zona de pesca de langostinos en el Atlántico sur, a la que se refiere el artículo de la página 27 de este número.

El ambiente en que vivimos y en el que vivirán nuestros descendientes está sufriendo, además, otras alteraciones, en mucha medida independientes del cambio climático y la mayoría con consecuencias adversas al bienestar de la humanidad. Nos referimos al aumento de desechos y contaminantes, tanto en la tierra como en los mares, deforestación, extinción de especies y disminución de la biodiversidad, urbanización creciente y formación de megalópolis, etcétera. ¿Qué estamos haciendo para que el mundo pueda seguir siendo habitable?





Observatorio maya de Chichen Itzá. Foto Patricio Garrahan

APLICACIONES INDUSTRIALES DEL DIAMANTE

HUGO HUCK Y ALBERTO JECH

Las peculiares características del diamante, su dureza entre otras, sugieren la importancia que llegarán a tener sus aplicaciones industriales, por ejemplo, en el recubrimiento de herramientas. Estos recubrimientos no se obtienen aún de manera rutinaria, pero un material de características análogas a las del diamante, el símildiamante, puede contribuir a solucionar esta dificultad. Un grupo de estudiosos argentinos ha desarrollado un procedimiento que permite lograr películas de símil-diamante utilizando haces iónicos moleculares.

RAZONAMIENTO INCORRECTO DE GALILEO

MARCELO L LEVINAS

Galileo ha sido un diseñador de ingeniosísimos experimentos mentales, recurso largamente empleado en la física moderna. Sin embargo, el razonamiento empleado en uno de ellos es incorrecto y hace uso, en forma muy sutil, de la extraordinaria equivalencia entre la masa inercial y la masa gravitatoria de un cuerpo, equivalencia que solo ha podido establecerse a partir de experimentos reales.

DISTINTOS PUNTOS DE VISTA SOBRE ARQUEOLOGÍA

José A Cocilovo y Rodolfo M Casamiguela cruzan puntos de vista dispares sobre el alcance de la información aportada por las distintas ramas de la antropología, la misión del etnólogo y la utilización del concepto de raza, entre otros temas.

LOS FULLERENOS. LA NUEVA FRONTERA DEL CARBONO

MANUEL NÚÑEZ REGUEIRO

El reciente hallazgo de nuevas formas del carbono, la familia de los fullerenos —cuyo miembro más destacado es una muy estable molécula esférica constituida por sesenta átomos de carbono-, concitó el interés de los científicos y ha dado ya lugar a numerosas investigaciones. Estas han llevado a descubrir, entre otras características, la capacidad de los fullerenos para comportarse como superconductores o como ferromagnetos orgánicos de elevada temperatura crítica. También se ha llegado a determinar que pueden transformarse, bajo presión y a temperatura ambiente, en diamante. Quien primero alcanzó este resultado fue el autor del presente trabajo.

ENTREVISTA A ALAN TAYLER

Alan Tayler, director de un centro dedicado a promover la aplicación de la matemática a la industria, estuvo en la Argentina durante casi dos semanas en marzo de este año. Divulgar entre investigadores, industriales y estudiantes las posibilidades de una asociación tan novedosa para nosotros (el centro que lidera, en la Universidad de Oxford, tiene más de veinte años de existencia) fue el motivo de su viaje y al respecto conversó detenidamente con Ciencia Hoy.



LA ROSA MOSQUETA Y LA FLORA ANDINO-PATAGÓNICA

MARÍA A DAMASCOS

La rosa mosqueta, que fue introducida hacia 1910 en la zona del actual Parque Nacional Nahuel Huapi, prosperó durante estos años de modo tal que en algunas áreas ha llegado a modificar notablemente el paisaje circundante. Sin desconocer los beneficios, por ejemplo económicos, a los que ha dado lugar, cabe reflexionar sobre las consecuencias negativas que resultaron de su introducción.

PRODUCCIÓN DE TECNOLOGÍAS

DANIEL R BES Y MARTÍN BES

Se suele sostener que los países periféricos deben concentrar sus esfuerzos en la producción de tecnologías que solo requieren la utilización de la disponibilidad internacional de conocimientos. Pero para que exista verdadero desarrollo es indispensable que la ciencia, la educación, el adiestramiento de la inteligencia y la implementación de criterios de calidad sean tan valorados por nuestras sociedades como lo son en los países industrializados.

LAS SONDAS DE ÁCIDOS NUCLEICOS

RODOLFO WETTSTEIN

Las sondas de ácidos nucleicos constituyen herramientas extremadamente útiles, a veces imprescindibles, para diagnosticar patologías hereditarias y detectar viroides, virus, bacterias o parásitos que afectan tanto a los seres humanos como a plantas y animales.

ANTROPÓLOGOS BAJO LA LUPA

NÉSTOR GARCÍA CANCLINI

¿En qué medida culturas distintas a la del observador pueden ser aprehendidas como realidades independientes y en qué grado son construidas por quien las investiga? Entre otras, tanto o más incisivas, estas preguntas son las que intentan desentrañar algunas de las nuevas corrientes que caracterizan a la labor antropológica actual.

MATERIALES TRADICIONALES Y NUEVOS MATERIALES

EDUARDO A MARI

En los últimos años se ha comenzado a hablar de 'materiales tradicionales' y 'nuevos materiales'. No se trata de una clasificación afortunada, ya que favorece malas interpretaciones, entre ellas, la que lleva a identificar 'tradicional' con 'obsoleto' y propicia, por lo tanto, la errónea convicción de que los materiales antiguos tenderán a desaparecer avasallados por otros más recientes. Estas malas interpretaciones bien pueden llevar a cometer errores que afecten nuestras economías escasamente desarrolladas.

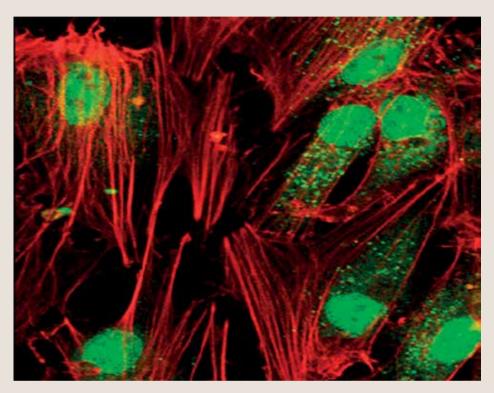




El organismo unicelular que llevamos dentro

urante la mayor parte de la historia de la vida solo existieron los organismos unicelulares. Si equiparamos todo el tiempo transcurrido desde el surgimiento de la vida sobre el planeta a un solo día de 24 horas, los organismos pluricelulares habrían surgido recién alrededor de las 19. Durante todo el enorme lapso anterior una célula equivalía a un individuo y, por lo tanto, la selección natural favoreció a aquellas células/individuos que desarrollaron mecanismos moleculares para dividirse/reproducirse más rápidamente. Sin embargo, cuando las células se unieron e interactuaron para formar los primeros organismos pluricelulares tuvieron que surgir nuevos circuitos moleculares que controlaran esa capacidad de dividirse sin pausa, puesto que, en la nueva situación, el momento y la cantidad de divisiones de cada célula debían subordinarse a las necesidades del conjunto de células que ahora constituían un individuo multicelular.

Algunos investigadores de la biología del cáncer postulan que esa enfermedad se produce, en última instancia, por alteraciones (técnicamente mutaciones) en los genes que activan los circuitos moleculares aparecidos en los organismos pluricelulares con la función de controlar la división de cada célula individual. Al debilitarse o perderse esos mecanismos de control, las células que tienen memoria evolutiva y conservan los mecanismos que las impulsan a dividirse lo más rápido posible comienzan a proliferar en forma descontrolada, lo cual es la característica inicial de la aparición de un tumor. Este punto de vista se llama la hipótesis del atavismo, la cual recibe un fuerte



Células en cultivo provenientes de un glioma o tumor de células nerviosas humanas. Fotografía tomada con microscopio confocal por Ariel Gandini en el Laboratorio de Biología del Cáncer (INIBIBB, UNS-Conicet). En el ancho, la imagen abarca unos 60 micrómetros.

apoyo del hecho de que todos los organismos multicelulares pueden desarrollar tumores, incluyendo metazoos, hongos, algas y plantas. Recientes estudios de biología de sistemas y bioinformática acerca del cáncer también están aportando fuertes evidencias a favor de esta interpretación. Así, el estudio del conjunto de genes de las células tumorales (o genomas tumorales) muestra que los genes activados en esas células malignas son preferentemente aquellos que estaban presentes en organismos unicelulares; en cambio, los desactivados son muy frecuentemente los que surgieron en los organismos pluricelulares.

De esta forma podemos pensar que el cáncer es el precio que debemos pagar por las ventajas adquiridas al evolucionar como organismos pluricelulares, entre ellas, el desarrollo del cerebro y la conciencia en nuestra propia especie, lo que nos permite pensar e investigar para comprender la causa de enfermedades como el mismo cáncer y encontrar terapias para ellas.

Más información en TRIGOS AS et al., 2018, 'How the evolution of multicellularity set the stage for cancer', *British Journal of Cancer*, 118: 145-152.

Alejandro Curino acurino@criba.edu.ar

Una ameba social y previsora

ictyostelium discoideum, también conocida como Dicty, es una ameba unicelular que vive en el suelo de los bosques. Allí se alimenta de las bacterias que descomponen las hojas de los árboles. Lleva esa vida individual mientras disponga de alimento. Sin embargo, cuando los recursos escasean, busca la compañía y colaboración de otras de su especie que estén cerca. Constituyen así un organismo multicelular en el que la mayoría de las células (80% aproximadamente) se transformarán en esporas y las demás se sacrificarán formando una estructura que ayuda a sostener a las primeras. Las esporas permanecerán en estado durmiente hasta que, tras ser dispersadas, lleguen a un lugar donde haya alimento.

Hace poco, unos investigadores descubrieron que en la naturaleza algunas cepas de Dicty, cuando el alimento escasea, reservan un número de bacterias que empaquetan junto con las esporas para que sean dispersadas con ellas. De esta manera cuando la espora cae en un ambiente adecuado, lleva consigo bacterias que le facilitarán la obtención de alimento. Dicty es habitualmente muy eficiente matando y engullendo bacterias, y el hecho de que no aprovechen hasta la última bacteria resulta intrigante va que este fenómeno de indultarlas ocurre cuando empieza a escasear el alimento, sobre todo cuando, durante la fase multicelular, hay un grupo de células llamadas centinelas que, a modo de sistema inmune primitivo, recorren el organismo eliminando cualquier agente o elemento extraño.

En esos casos se ha descubierto que las propias células de *Dicty* producen una proteína, llamada lectina, con la que recubren las bacterias. Ello evita que las células centinelas las maten y permite



Etapas de la fase multicelular de Dictyostelium discoideum.

que las esporas las introduzcan dentro de su citoplasma sin digerirlas. Las lectinas no son exclusivas de *Dicty*: están presentes en animales y plantas, y este fenómeno de indulto a bacterias funciona si en vez de usar las lectinas de *Dicty* se usan las de otros organismos, o si en lugar de células de *Dicty* se usan células del sistema inmune de ratón.

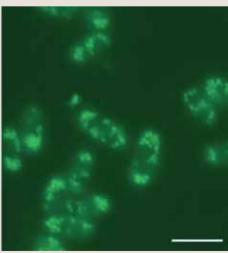
El proceso de atrapar una bacteria y guardarla para futuras generaciones resulta nuevo y abre puertas a pensar de qué forma otros organismos, como nosotros, pueden estar regulando su interacción con bacterias beneficiosas.

Más información en DINH C et al., 2018, 'Lectins modulate the microbiota of social amoebae', Science, 361: 402, doi: 10.1126/science. aar2058, y en BROCK DA et al., 2011, 'Primitive agriculture in a social amoeba', Nature, 469: 393, doi: 10.1038/nature09668.

Araceli Visentin araceli.visentin@gmail.com

Francisco Velázquez pakovd@gmail.com





Microscopía de fluorescencia de esporas de *D. discoideum* provenientes de cultivos en presencia de bacterias tratadas con lectinas (derecha) o sin tratar (izquierda). En la imagen de la derecha, puntos verdes brillantes corresponden a bacterias intactas, mientras que en la de la izquierda no se advierten bacterias vivas. Las barras que dan la escala miden 10 micrómetros.



Garrapatas y dinosaurios

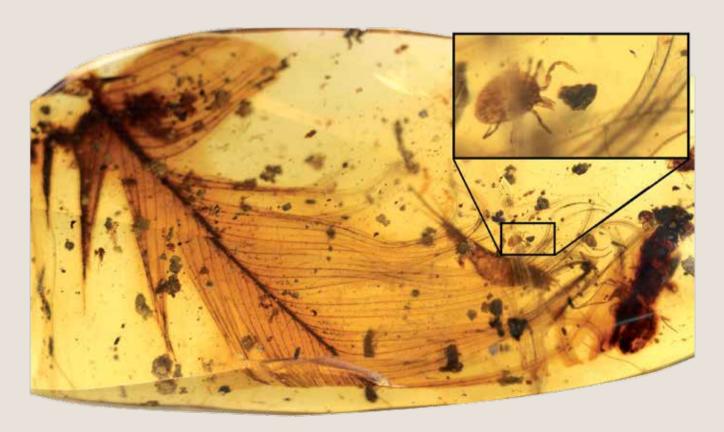
as muy conocidas garrapatas, que se alimentan de la sangre de mamíferos, son un grupo de aproximadamente novecientas especies de ácaros que atacan a animales con pelos, plumas o escamas. A partir de hallazgos recientes realizados por un grupo de paleontólogos españoles, británicos y estadounidenses encabezados por Enrique Peñalver y Ricardo Pérez de la Fuente, respectivamente de los museos Geominero de Madrid y de Historia Natural de Oxford, ahora sabemos que las garrapatas del Mesozoico eran bastante similares a las actuales. Los nombrados estudiaron ejemplares de ellas de 99 millones de años de antigüedad, procedentes de Bir-

mania (Myanmar), conservados en ámbar o resina vegetal fosilizada. Conocemos muy poco sobre las interacciones parásito-hospedador y la transmisión de enfermedades en esa remota época.

Una de las especies encontradas por los investigadores es de una familia actual de garrapatas (Ixodidae), mientras que otra pertenece a un grupo desconocido hasta la fecha que los paleontólogos denominaron Deinocrotonidae, solo integrado por Deinocroton draculi (en alusión al conde Drácula). El hallazgo es asombroso porque, además de estar en perfecto estado de conservación, los parásitos hematófagos se encontraron asociados con plumas de di-

nosaurios que habitaban esas regiones (en aquel tiempo las aves aún no se habían originado) y, aún más, uno de los especímenes se encontraba repleto de sangre, con su cuerpo dilatado a ocho veces su tamaño normal. Esto indica que la resina de árboles le cayó encima muy poco después de haber ingerido un gran volumen de sangre, y revela la relación de parasitismo con su hospedador emplumado.

Además de los ácaros, la pieza de ámbar contenía restos de algunas plumas, diferentes tipos de insectos (hemípteros, dípteros y escarabajos), coprolitos (excrementos fósiles), restos de plantas, micelios de hongos y partícu-



Una pluma de dinosaurio de hace 99 millones de años conservada en resina junto con, entre otros restos, una garrapata que se amplía en el ángulo superior derecho y mide aproximadamente 1mm de largo.



Vista ventral de machos de garrapatas mesozoicas que permitieron identificar la especie Deinocroton draculi. Cada ejemplar mide aproximadamente 4mm.

las orgánicas e inorgánicas. Los restos de larvas de coleópteros que se hallaron pegados a las garrapatas resultaron muy interesantes, pues provienen de insectos semejantes a los que viven hoy en los nidos de las aves y, entre otros desechos, consumen restos de plumas. Esto podría confirmar la hipótesis de que las primeras garrapatas habitaban los nidos de sus hospedadores.

A semejanza de lo que ocurre en el presente, las garrapatas podrían haber sido transmisoras o vectores de enfermedades de los dinosaurios. Otro investigador, George Poinar, de la Oregon State University, que estudió aspectos celulares de los ácaros encontrados en Birmania, concluyó que en la cavidad de su cuerpo y en su intestino había bacterias semejantes a las especies patógenas actuales del género *Ric*-

kettsia. Sin embargo, otros investigadores cuestionaron las conclusiones de Poinar y consideraron que no eran microorganismos fósiles sino simples imágenes debidas a defectos de las técnicas utilizadas para el estudio.

Hace algunos años la literatura y el cine imaginaron la posibilidad de obtener ADN de dinosaurios a partir de su sangre encontrada en insectos hematófagos, y delinearon la posibilidad de resucitarlos y verlos junto con seres humanos. Esto permanece en el campo de la ficción, ya que todo parece indicar que el ADN de restos fósiles tan antiguos está irremediablemente dañado o totalmente destruido, por lo que no es posible obtener información genética para recrear dinosaurios. De todos modos, el hallazgo de garrapatas en ámbar abre un gran número de interro-

gantes sobre la biología de los ácaros hematófagos ancestrales, su relación con sus hospedadores, el comportamiento de los dinosaurios e, incluso, sobre la evolución de los dinosaurios con plumas.

Más información en PEÑALVER E et al., 2017, 'Ticks parasitised feathered dinosaurs as revealed by Cretaceous amber assemblages', *Nature Communications*, 8: 1924, doi 10.1038/s41467-017-01550-z, y en POINAR G, 2015, 'Rickettsial-like cells in the Cretaceous tick, *Cornupalpatum burmanicum', Cretaceous Research*, 52: 623-627, doi 10.1016/j.cretres.2014.02.007.

Cristina Damborenea cdmabor@fcnym.unlp.edu.ar

Se agradece a Enrique Peñalver las fotografías de las que es autor, la lectura crítica de esta nota y sus valiosas sugerencias.



iQué momento!

n este último tiempo en la Argentina se llevó a cabo el debate por la despenalización del aborto en el Congreso. La media sanción en la Cámara de Diputados y el rechazo en el Senado propiciaron una discusión que atravesó toda la sociedad y manejó información basada en conocimiento científico. Una definición que en particular llama la atención es la frase 'el momento de la concepción' y que se refiere, quizá, a una parte del proceso de fecundación.

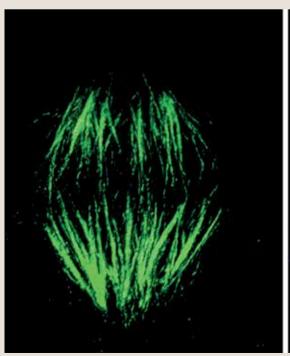
También llamado singamia, este es un complejo mecanismo por el cual los gametos masculino y femenino se fusionan durante la reproducción sexual. Comienza con la preparación del óvulo y el espermatozoide, la entrada del contenido de este último en el primero por medio de la reacción acrosómica y y la unión del material genético de los progenitores para dar lugar al huevo o cigoto que contiene un genoma único.

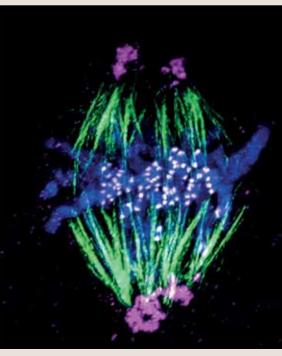
El material genético en cuestión está codificado en largas moléculas de ADN que durante todo este proceso se encuentran empaquetadas formando los cromosomas. Durante la división del cigoto, las dos células hijas que conformarán el embrión deben heredar una y solo una copia de cada cromosoma materno y paterno. Para ello los juegos de cromosomas de cada gameto se posicionan cercanos en el espacio, pero llamativamente se mantienen separados y cada uno ensambla su propio andamiaje de división conocido como huso mitótico. Esto último, que fue descubierto recientemente utilizando gametos de ratón y nuevas técnicas de microscopía, supone un nuevo desafío para esta primera mitosis o división celular, que consiste en alinear los dos husos para que, al llevarse a cabo la primera división, los juegos de cromosomas de las células hijas permanezcan completos.

En muchos países la ley considera que la vida humana comienza con la unión de los cromosomas parentales en el cigoto. Este hito es importante para legislar sobre cuestiones como fertilización in vitro y es utilizado por algunos como argumento contra la despenalización de aborto. Este descubrimiento desplaza esa definición legal unas treinta horas, un tiempo de suma importancia para tomar decisiones, ya que la unión del material genético se da en el embrión y no en el cigoto, en un momento que no está tan claramente definido.

> Federico Coluccio Leskow fedocles@gmail.com

Más información en ZIELINSKA AP y SCHUH M, 2018, 'Double trouble at the beginning of life', Science, 361, 6398: 128-129.





Microscopía óptica de fluorescencia de un cigoto de ratón. En verde, microtúbulos de husos mitóticos; en azul, cromosomas alineados; en magenta, el doble juego de centrómeros, los centros organizadores del huso. Las fotografías abarcan unos 30 x 30 micrómetros.

Áreas de conservación del medio marino

a mayoría de la gente tiene alguna familiaridad con el concepto de área natural protegida y lo asocia con diversas formas jurídicas y administrativas orientadas a la conservación del medio natural terrestre, como parques nacionales, reservas de vida silvestre, monumentos naturales, etcétera. Por lo general esas áreas protegidas son extensiones mayores o menores del territorio elegidas, entre otras razones, por haber sufrido pocas alteraciones de origen humano a sus ecosistemas naturales. Para designar a las menos alteradas se suele recurrir a expresiones como 'áreas silvestres prístinas' (lo cual difícilmente sea literalmente cierto) y en inglés, al término wilderness.

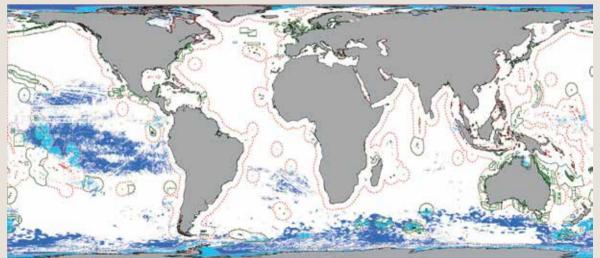
La aplicación de estos conceptos al medio marino es más rara y, de hecho, la designación de áreas marinas protegidas es relativamente nueva. Un reciente estudio publicado en *Current Biology*, realizado por biólogos marinos de Australia, Canadá y los Estados

Unidos, procuró identificar las áreas silvestres marinas (marine wilderness areas) que quedan en el mundo, es decir, aquellas en que los ecosistemas están poco amenazados por la acción humana y tienen, en consecuencia, un alto valor para conservar la biodiversidad. Por lo general se trata de extensiones que albergan especies endémicas y que están en mejores condiciones para resistir las consecuencias del cambio climático y recuperarse de ellas.

En los océanos del mundo se distinguen zonas de explotación económica exclusiva, sujetas a la jurisdicción de las naciones ribereñas (esencialmente franjas costeras de 200 millas de ancho), zonas no sujetas a esa jurisdicción y por ende de explotación económica común (sujeta a acuerdos internacionales diversos) y zonas protegidas o de explotación económica restringida o excluida (ubicadas en ambas anteriores). El mapa muestra la distribución global de esas zonas y en ellas, las áreas silvestres marinas.

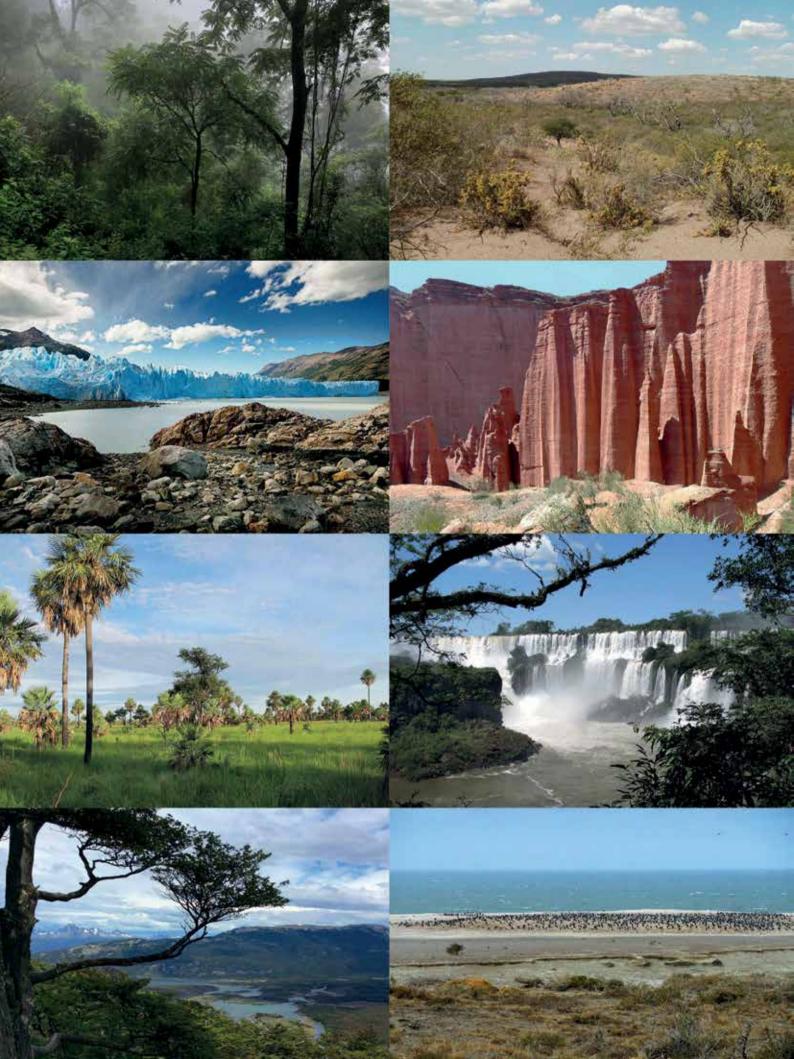
Entre las conclusiones del estudio se destaca que, de acuerdo con los criterios de los autores, el 13.2% de los océanos puede hoy considerarse silvestre. Esto representa unos 55 millones de km² ubicados sobre todo en alta mar en el hemisferio sur y en latitudes extremas. Muy pocas aguas silvestres son costeras (donde, por ejemplo, están los arrecifes coralinos) y no más del 4.9% de las áreas marinas silvestres están en zonas protegidas. Las mayores extensiones silvestres en áreas de explotación económica exclusiva están en el Ártico, las islas independientes del Pacífico, Chile, Australia y Nueva Zelanda. 🛄

Más información en Jones KR et al., 2018, 'The location and protection status of earth's diminishing marine wilderness', *Current Biology*, 28: 2506-2512.



Áreas silvestres marinas en zonas de explotación económica exclusiva (celeste) y común (azul). En punteado rojo, los límites de las zonas de explotación económica exclusiva y común, y en verde, los de las áreas protegidas.

Al sur de las Malvinas y a unos 150 km al este de la Isla de los Estados está indicada la primera área protegida en alta mar del Atlántico sudoccidental, conocida como Namuncurá-Banco Burdwood.



Mariano Oyarzabal Facultad de Agronomía, UBA

Nuevo mapa fitogeográfico de la Argentina

omo los mapas geográficos o políticos, los mapas de vegetación tienen su historia. Las primeras descripciones de la vegetación de lo que hoy es territorio argentino, que datan de tiempos coloniales, consistieron en breves menciones en las crónicas de viajeros –religiosos, militares, comerciantes– que anotaban lo que veían a su paso. En el siglo XIX, en mapas de trazo grueso, los naturalistas delimitaron grandes unidades geográficas de vegetación, como el chaco, las pampas o las selvas. En el siglo XX, los botánicos elaboraron mapas más precisos, con descripciones del tipo de vegetación (por ejemplo, el bosque chaqueño de quebracho colorado, o

los bosques andino-patagónicos de Nothofagus). El mapa de Ángel Lulio Cabrera (1908-1999), publicado en 1976, marcó un hito con su definición de un conjunto de unidades fitogeográficas argentinas. Por décadas fue el marco de referencia de las publicaciones sobre los ecosistemas del país.

Cabrera partió de seis regiones fitogeográficas terrestres mundiales (holártica, paleotropical, neotropical, capense, australiana y antártica), más una oceánica, siguiendo un esquema que se remonta a una publicación de 1946 (The Geography of the Flowering Plants, Longman, Green & Co.) del botánico británico Ronald Good (1896-1992). Dividió las tres representadas en la Ar-

¿DE QUÉ SE TRATA? -

Una descripción actualizada de la geografía de la vegetación silvestre o espontánea del país.



Regiones fitogeográficas o florísticas del mundo según el esquema que sirvió de punto de partida del mapa de 1976 de los territorios fitogeográficos de la Argentina, que se publica en la página siguiente. Esas regiones son holártica (azul), paleotropical (anaranjado), neotropical (amarillo), capense (rosado), australiana (verde) y antártica (blanco).

gentina (neotropical, antártica y oceánica) en dominios, provincias y distritos, según se aprecia hasta el segundo de esos niveles en el mapa que confeccionó, reproducido en versión renovada en esta nota.

Desde la década de 1960, botánicos y sobre todo ecólogos estudiaron en detalle muchas de las unidades definidas por Cabrera, completaron las descripciones de la vegetación y de otras formas de vida y definieron mapas locales. Sobre la base de los datos así acumulados, y como síntesis del trabajo de más de tres generaciones de botánicos y ecólogos, un grupo de investigadores hoy activos, entre los que se cuenta el autor de esta nota, elaboró y publicó en la revista Ecología Austral un nuevo mapa fitogeográfico de la Argentina, reproducido en la página 18 y disponible en http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/399.

Armado uniendo mapas locales como si fueran piezas de un rompecabezas, el mapa representa la vegeta-

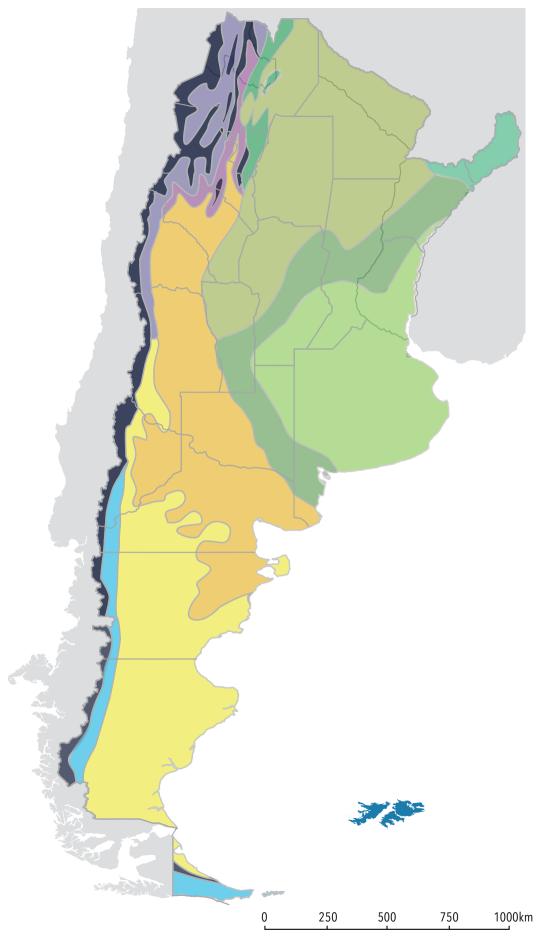




Un ciervo de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*) en los esteros del Iberá y paisaje del delta del Paraná. Corresponden respectivamente a las unidades 18 y 5 del mapa de la página 18.

Paisaje de un pastizal de gramíneas hidrófitas y halófitas de la pampa deprimida, la unidad 33 del mapa de página 18. Foto tomada cerca de Pila, en la cuenca del Salado, provincia de Buenos Aires. Foto Sofía Campana





Territorios fitogeográficos de la República Argentina. Interpretación en color del mapa publicado en 1976 por el botánico Ángel Lulio Cabrera, que trabajaba en el Museo de La Plata. Indica las unidades geográficas terrestres hasta el nivel de provincia fitogeográfica. Los distritos no fueron cartografiados pero constan en el esquema que sigue.

REGIÓN NEOTROPICAL

Dominio amazónico

Provincia fitogeográfica de las yungas
Distrito de las selvas de transición
Distrito de las selvas montanas
Distrito de los bosques montanos

Provincia fitogeográfica paranaense Distrito de las selvas mixtas Distrito de los campos

Dominio chaqueño

- Provincia fitogeográfica chaqueña
 Distrito chaqueño oriental
 Distrito chaqueño occidental
 Distrito chaqueño serrano
 Distrito de las sabanas
- Provincia fitogeográfica del espinal
 Distrito del ñandubay
 Distrito del algarrobo
 Distrito del caldén
- Provincia fitogeográfica prepuneña
 Provincia fitogeográfica del monte
- Provincia fitogeográfica pampeana
 Distrito uruguayense
 Distrito pampeano oriental
 Distrito pampeano occidental
 Distrito pampeano austral

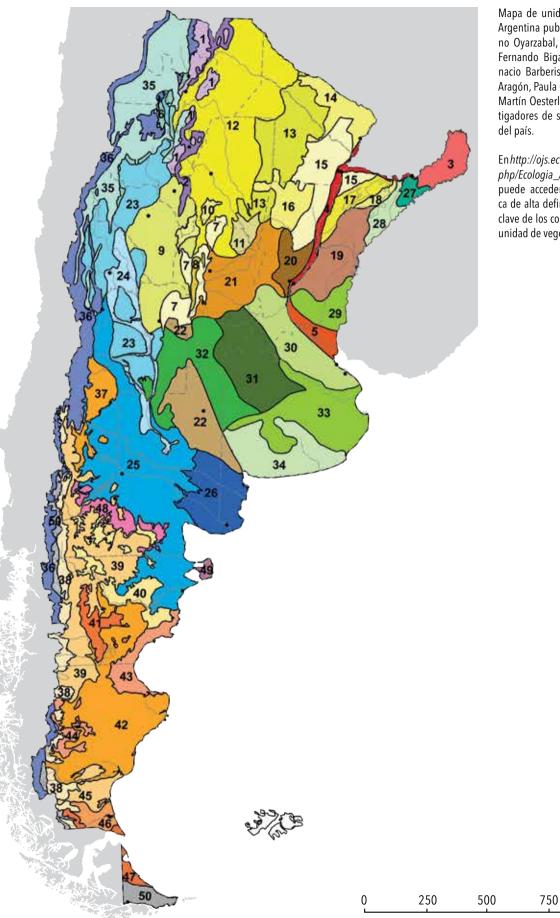
Dominio andino-patagónico

- Provincia fitogeográfica altoandina
 Distrito altoandino quechua
 - Distrito altoandino cuyano Distrito altoandino austral
- Provincia fitogeográfica puneña
- Provincia fitogeográfica patagónica
 Distrito de la Payunia
 Distrito patagónico occidental
 Distrito patagónico central
 Distrito del golfo de San Jorge
 Distrito patagónico subandino
 Distrito fueguino

REGIÓN ANTÁRTICA

Dominio subantártico

- Provincia fitogeográfica subantártica
 Distrito del pehuén
 Distrito del bosque caducifolio
 Distrito del valdiviano
 Distrito del magallánico
 - Provincia fitogeográfica insular



Mapa de unidades de vegetación de la Argentina publicado en 2018 por Mariano Oyarzabal, José Clavijo, Luis Oakley, Fernando Biganzoli, Pedro Tognetti, Ignacio Barberis, Hernán Maturo, Roxana Aragón, Paula Campanello, Darién Prado, Martín Oesterleld y Rolando León, investigadores de siete unidades académicas del país.

Enhttp://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index. php/Ecologia_Austral/article/view/399 se puede acceder a una versión electrónica de alta definición de este mapa y a la clave de los colores empleados para cada unidad de vegetación.

1000km

REGIÓN NEOTROPICAL

Dominio amazónico

Provincia fitogeográfica de las yungas

Provincia fitogeográfica paranaense

Dominio chaqueño

Provincia fitogeográfica prepuneña Provincia fitogeográfica chaqueña

Provincia fitogeográfica del espinal

Provincia fitogeográfica del monte

Provincia fitogeográfica pampeana

Dominio andino-patagónico

Provincia fitogeográfica puneña Provincia fitogeográfica altoandina Provincia fitogeográfica patagónica

Ecotono fitogeográfico monte-Patagonia

REGIÓN ANTÁRTICA

Dominio subantártico

Provincia fitogeográfica subantártica

Selva montana, bosque de aliso y pino del cerro
Selva de transición
Selva misionera, selva paranaense
Valle del Paraná
Delta del Paraná

6 Prepuna
 7 Chaco serrano
 8 Pastizales de altura
 9 Chaco árido
 10 Salinas grandes

Bañados de Mar Chiquita, espartillares y zampales

12 Chaco semiárido 13 Chaco subhúmedo

14 Chaco húmedo con bosques, pajonales y palmares de caranday

Chaco húmedo con bosques y cañadas
Bajos submeridionales, espartillares
Pajonales y palmares de yatay

18 Esteros del Iberá

19 Ñandubayzal y selva de montiel

20 Espinillar21 Algarrobal22 Caldenal

23 Monte de sierras y bolsones

24 Bolsones endorreicos25 Monte austral o típico

Monte oriental o de transición

Campos y urundayzalesMalezales

29 Pampa mesopotámica30 Pampa ondulada

Pampa interior plana
Pampa interior occidental

Pampa deprimida

34 Pampa austral

35 Puna

36 Provincia altoandina

37 Distrito de la Payunia

38 Distrito subandin, estepa de coirón blanco

39 Distrito occidental

40 Distrito central, estepa arbustiva de quilembay

41 Distrito central, estepa arbustiva serrana

42 Distrito central, erial

Distrito del golfo de San Jorge

44 Distrito central

43

45

Distrito central, estepa arbustiva de mata negra

Distritosubandino, estepa magallánica seca
 Distrito fueguino, estepa magallánica húmeda

48 Ecotono rionegrino

49 Ecotono de la península de Valdés

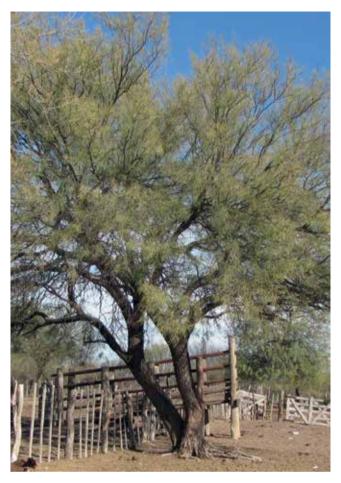
50 Bosques andino-patagónicos

El mapa que presenta este artículo se originó en un proyecto realizado en colaboración por la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA), la Facultad de Agronomía de la UBA, el INTA y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, financiado por el Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina (IPCVA).

Imágenes de portada del artículo

Enunciadas por fila, de izquierda a derecha, las fotografías de la página 14 corresponden a (entre paréntesis, el número de la unidad correspondiente del mapa de la página 18):

- * Nuboselva de las yungas en el Parque Nacional Calilegua (1)
- * Paisaje del espinal en el Parque Nacional Lihue Calel (25)
- * Andes patagónicos en el Parque Nacional Los Glaciares (36)
- * Paisaje del monte en el Parque Nacional Talampaya (23)
- * Sabana chaqueña en el Parque Nacional Río Pilcomayo (14)
- * Selva misionera en el Parque Nacional Iguazú (3)
- * Bosques de *Nothofagus* en el Parque Nacional Tierra del Fuego (50)
- * Costa atlántica patagónica en el Parque Nacional Monte León (45)





Algarrobo (*Prosopis alba*) en el centro de la provincia de Córdoba y paisaje de la puna salteña. Corresponden respectivamente a las unidades 21 y 36 del mapa de la página 18.

ción natural o espontánea de especies nativas y de especies exóticas que se adaptaron al medio (no incluye las cultivadas). Sin embargo, como podrá apreciar el lector viajando por cualquier ruta, en gran parte del país, en especial en las zonas más pobladas, la vegetación silvestre fue reemplazada por cultivos agrícolas. El mapa muestra unidades geográficas de vegetación según los límites en los momentos en que fueron realizados los respectivos estudios, cuando la agricultura aún no ha-

bía avanzado tanto y era más sencillo percibir los límites naturales.

Al describir la vegetación espontánea, el mapa permite enfrentar más adecuadamente problemas como el cambio de la cobertura del suelo e invasiones recientes de especies exóticas. Puede también servir de referencia para analizar los resultados de iniciativas de restauración ecológica. En síntesis, ayuda a definir desde el punto de vista ecológico y agroecológico la geografía argentina.

LECTURAS SUGERIDAS



CABRERA AL, 1976, 'Territorios fitogeográficos de la República Argentina', en Kugler WF, *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería*, t. 2, pp. 1-85, Acme, Buenos Aires.

OYARZABAL M et al., 2018, 'Unidades de vegetación de la Argentina', *Ecología Austral*, 28: 040-063, accesible en http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/ Ecologia_Austral/article/view/399.



Mariano Oyarzabal

Doctor en ciencias agropecuarias, UBA. Investigador independiente del Conicet en IFEVA. Auxiliar docente, Facultad de Agronomía, UBA.

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

Muere una estrella

uando el 20 de septiembre de 2016 Víctor Buso, un aficionado a la astronomía de la ciudad de Rosario – cerrajero de profesión–, decidió probar su flamante cámara fotográfica, no imaginaba que estaba por dejar su huella en la historia. Ese día, subió al observatorio que él mismo había construido en la terraza de su casa, adosó la cámara a su telescopio y apuntó a la galaxia NGC613, que esa noche estaba cerca del cenit. Una primera serie de fotos le demostró que había hecho una buena compra. Quiso la suerte que en vez de darse por satisfecho o probar la cámara apuntando hacia otro objeto celeste, volviera a fotografiar la misma galaxia. Y fue esa segunda seguidilla de fotos la que entró en los anales de la astronomía: había capturado una supernova en el momento de su aparición.

¿Qué es una supernova?

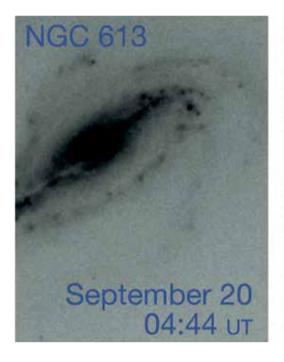
La vida de las estrellas es una batalla constante contra la gravedad: mientras esta fuerza impulsa la materia

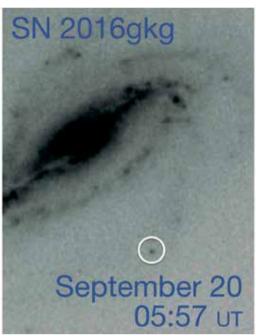
desde el exterior de la estrella hacia su centro, el aumento de presión en el interior incrementa la temperatura y desencadena reacciones nucleares. La energía liberada en tales reacciones contrarresta la fuerza de gravedad y evita el colapso. Es decir, la propia materia que compone una estrella es el combustible que la mantiene viva. Sin embargo, cuando la masa inicial de la estrella supera un valor crítico (típicamente, unas ocho veces la masa del Sol), la batalla inevitablemente se pierde.

A medida que la estrella consume su combustible, va transformando su material en elementos cada vez más pesados. Estos se acomodan en capas, de manera análoga a las de una cebolla, con los más livianos en las capas externas y los más pesados adentro. Cuanto mayor es la masa de la estrella, más pesados son los elementos que se producen en su núcleo. Finalmente, el silicio se transforma en hierro y níquel, que son elementos sumamente estables y no reaccionan. Disminuyen entonces las reacciones nucleares que mantenían en equilibrio a la estrella, y en ese momento esta pierde la fuente de energía que la sostenía.

Cuando la masa inicial de la estrella supera el valor crítico, la presión gravitacional sobre el núcleo estelar

Qué observó en el cielo nocturno un rosarino aficionado a la astronomía y por qué su observación causó gran revuelo, recogido por los medios, entre los astrónomos profesionales.





La aparición de una supernova. Fotografías de la galaxia NGC613 tomadas en Rosario el 20 de septiembre de 2016 por el astrónomo aficionado Víctor Buso. En la de la derecha se marca una anomalía, ausente en la de la izquierda (tomada un poco más de una hora antes) y advertida por su ojo experto. Resultó ser una supernova que terminó llamándose 2016gkg.

acaba tornándose incontenible, lo que provoca su colapso al cabo de algunos días. En este rápido colapso los núcleos atómicos absorben fotones de muy alta energía y luego decaen emitiendo partículas subatómicas, como neutrones, en un proceso llamado fotodesintegración. Asimismo, los electrones del gas de la estrella se ven empujados hacia los núcleos atómicos y, reaccionando con los protones, generan gran cantidad de neutrones, fenómeno llamado captura electrónica. La combinación de estos dos procesos convierte al núcleo de la estrella en una masa de neutrones de altísima densidad y, al mismo tiempo, se genera una avalancha de neutrinos que en pocos segundos escapan hacia el exterior transportando gran parte de la energía del colapso.

La rápida contracción del núcleo estelar crea una especie de vacío entre este y el resto de la estrella; en esa contracción, las capas más externas del núcleo se encuentran en su caída con la avalancha de neutrinos que se dirige en sentido contrario y rebotan hacia afuera en una violenta explosión conocida como supernova. El colapso del núcleo puede eventualmente detenerse y formar una estrella de neutrones, o puede agudizarse y terminar su vida como un agujero negro.

Simular numéricamente la explosión constituye uno de los mayores desafíos que enfrentan los astrónomos y los físicos, pues cuando intentan hacerlo descubren que la energía del rebote no resulta suficiente para que la materia se escape de la estrella. Por ello, para poder modelar efectivamente la explosión se ha imaginado una serie de ingredientes adicionales, como la existencia de inestabilidades o de turbulencia por convección, el posible apartamiento del objeto colapsante de la simetría esfé-

rica, o incluso alguna inyección extra de energía en el frente de choque saliente, que en general es atribuida a los neutrinos.

En ausencia de esos procesos físicos adicionales, la teoría predice que el material estelar volverá a caer hacia el núcleo y la estrella pasará a integrar la lista de las supernovas fallidas, estrellas que, sin explotar, se transforman directamente en agujeros negros. Se sospecha que en esta categoría se sitúan aquellas estrellas que desaparecen misteriosamente, como se advierte cuando se compara imágenes del cielo que datan de distintas épocas. Los astrónomos estiman que el 30% de las estrellas con mayor masa terminará como supernovas fallidas.

¿Qué sucede con las estrellas cuya masa está por debajo de la masa crítica? La presión que soportan sus núcleos nunca llega a ser tan alta como para hacerlos colapsar y, si están aisladas, acaban sus vidas como cuerpos inertes llamados enanas blancas. Si vivieron ligadas gravitacionalmente con una segunda estrella, les queda una etapa más que atravesar. La compañera perderá temperatura a medida que evoluciona y envejece, y se extenderá hasta ocupar varias veces su volumen inicial, convertida en una gigante roja. Este es el futuro previsto para nuestro Sol, el que probablemente llegue a extenderse hasta más allá de la órbita de la Tierra. Cuando la capa más externa de la gigante roja alcanza el punto en el que la atracción gravitacional propia es menor que la de la enana blanca vecina, comienza a caer sobre esta última y le hace perder la estabilidad que había alcanzado. La enana blanca debe soportar entonces una presión cada vez más alta, hasta que la temperatura de su núcleo de carbono aumenta tanto que provoca su ignición. Esto origina una onda de

deflagración que, en pocos segundos, causa que la estrella estalle en una detonación supersónica. Como resultado, no queda nada de la estrella, salvo una masa de gas y polvo que se expande a la velocidad de unos 10.000km por segundo. Estas supernovas se llaman de tipo Ia. En las últimas décadas, además, se definió una variante adicional: las supernovas Ia doblemente degeneradas, que se producen por la colisión entre dos enanas blancas.

Una supernova única en la historia

Para comprender por qué la supernova observada desde Rosario es única, debemos remontarnos al descubrimiento de este tipo de fenómenos. Cuando estalla una supernova, la luminosidad que alcanza puede ser hasta 100.000 veces mayor que la de la estrella original. En ocasiones, el brillo es comparable al de la propia galaxia que la contiene.

Antes de que existiera registro fotográfico del cielo, el reconocimiento de lo que antaño se solía considerar una nueva estrella –pues el concepto de supernova tiene menos de un siglo— dependía de la memoria visual de los observadores del cielo. Aun hoy los astrónomos aficionados suelen reconocer las supernovas simplemente por la imagen del cielo que tienen en la mente. Tal fue el caso del ingeniero Oscar Duhalde, quien el 23 de febrero de 1987, estando en el observatorio chileno Las Campanas, miró al cielo y descubrió a simple vista una supernova en la Gran Nube de Magallanes.

Existen evidencias históricas en distintas culturas sobre el avistamiento de nuevas estrellas que —hoy creemos— fueron supernovas acaecidas en nuestra galaxia. Ocurrieron en los años 185, 1006, 1054 (cuando se formó la que hoy llamamos nebulosa del Cangrejo) y 1181. Se las llama supernovas históricas. Tycho Brahe, el maestro de Kepler, tuvo la fortuna de ver una supernova en 1572, tres décadas antes de que Kepler también avistara una en 1604.

El telescopio de Galileo data de 1609, unos cinco años después de la supernova de Kepler, después de la cual no se vio otra en nuestra galaxia, aunque se estima que una se produjo alrededor de 1680, pero una densa nube molecular de gas y polvo, de las que abundan en el espacio interestelar, absorbió su luz y privó a la humanidad del espectáculo.

Con las técnicas actuales de detección, se tornó habitual encontrar supernovas en otras galaxias, algo a lo que contribuyeron en forma fundamental los astrónomos aficionados. La manera más eficiente de encontrar supernovas es comparar imágenes del cielo. A lo largo de 1987, después de la mencionada supernova descubierta en la nube de Magallanes, se encontró una veintena más.

Solo diez años después, en 1997, se llegó a descubrir cerca de doscientas.

Desde hace un par de décadas, varios programas (entre ellos el All Sky Automated Survey for Supernovae, ASASSN) están realizando búsquedas robóticas, con el resultado de que se hallan algunos cientos de ellas por año. Cuando al cabo de algún tiempo el brillo de la supernova desaparece, puede identificarse exactamente cuál estrella falta, una información crucial para comparar las características que tenía la estrella que explotó con lo que postulan los modelos teóricos.

Así, se acumuló mucha evidencia de que las supernovas de tipo IIb, producidas por el colapso gravitatorio de un núcleo estelar con poco hidrógeno y abundante helio, provienen del estallido de estrellas supergigantes amarillas que, muy probablemente, formaron parte de sistemas binarios interactuantes. Justamente, la supernova descubierta en Rosario, denominada 2016gkg y alejada unos 80 millones de años luz de la Tierra, pertenece a esta clase.

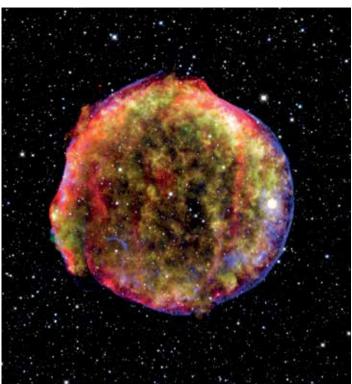
Los lugares y momentos en que ocurren los estallidos de supernovas son impredecibles. Por eso, encontrarlas es una empresa basada principalmente en el azar. Los programas de búsqueda robótica, si bien aumentan las probabilidades de éxito, solo revelan lo ocurrido cierto tiempo después del acontecimiento (o, más precisamente, después de que la luz del acontecimiento llegue a la Tierra). Observar los primeros instantes de la explosión es una aspiración normalmente insatisfecha, que se cumplió por primera vez en 2016, cuando Buso advirtió el nacimiento de una supernova, tal vez no desde el primer minuto, pero sí dentro de las primeras tres horas, según calculan los científicos. Esta es la máxima precisión que permiten las limitaciones experimentales inherentes a la técnica observacional, pues la luz de la supernova debe superar el umbral impuesto por la sensibilidad de la fotografía.

Las probabilidades de que algo así se repita en el futuro son ínfimas. Gracias a su ojo entrenado, Buso supo inmediatamente que un extraño pixel cuyo brillo se destacaba tímidamente del resto era algo importante, y lo fotografió profusamente. Con sus fotografías pudo determinarse cuán rápido aumentaba la intensidad de la luz de la supernova durante los primeros minutos, cuando el material del núcleo atravesaba a velocidad supersónica la capa más externa de la estrella.

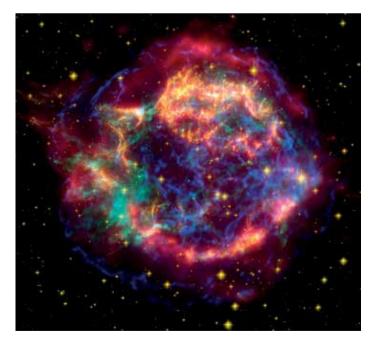
En colaboración con astrónomos aficionados y profesionales, Buso dio la alerta internacional para que observatorios de todo el mundo apuntaran a la naciente supernova. Melina Bersten, de la Universidad Nacional de La Plata, lideró un equipo internacional que investigó el fenómeno y publicó sus conclusiones en febrero de este año en la revista Nature. El artículo expone una



Remanente actual de la supernova histórica de 1006. La imagen superpone rayos X, luz visible y ondas de radio. Fuente NASA/CXC/Rutgers/G Cassam-Chenaï, J Hughes *et al.*; NRAO/AUI/NSF/GBT/VLA/Dyer, Maddalena & Cornwell; Middlebury College/F Winkler, NOAO/AURA/NSF/CTIO Schmidt & DSS.



Remanente actual de la supernova vista por Tycho Brahe en 1572. La imagen superpone luz visible, radiación infrarroja y rayos X. Fuente NASA/CXC/SAO, NASA/JPL-Caltech, y MPIA, Calar Alto, O Krause *et al*.



Remanente actual de la supernova Casiopeia A que estimativamente ocurrió hacia 1680. La imagen superpone luz visible (telescopio Hubble), radiación infrarroja (telescopio Spitzer) y rayos X (observatorio Chandra). Fuente NASA/JPL-Caltech/STSCI/CXC/SAO



Remanente actual de la supernova vista por Kepler en 1604. La imagen superpone luz visible y rayos X. Fuente NASA/CXC/NCSU/ M Burkey *et al.* y DSS.

sólida teoría que explica naturalmente los datos obtenidos por Buso.

¿Qué viene después?

Una supernova se percibe como una estrella nueva en el firmamento. Con el tiempo, se apaga definitivamente. Pero el cielo está poblado de fuentes que emiten energía en distintas frecuencias del espectro electromagnético, la mayoría invisibles al ojo humano, y en ese reino los restos de las supernovas son protagonistas indiscutidos.

Al encenderse la luz de una supernova, también se enciende un foco de rayos X debido a sus altas temperaturas, un foco de rayos infrarrojos por las partículas de polvo caliente que se aglomeran en el material expulsado, y un foco de ondas de radio por la liberación de electrones a altísimas velocidades que giran en torno a líneas de campo magnético. Cuando su luz visible ha decaído al mínimo, las ondas de radio y de rayos X siguen brillando con fuerza.

A su vez, el material despedido por la estrella forma una cáscara que se expande rápidamente, y a su paso, como una topadora cósmica, va incorporando el tenue gas que llena el espacio galáctico. Al cabo de un siglo o poco más, la masa atrapada en esa cáscara resulta tanta como la original expelida por la estrella. Entonces ya no se habla de una supernova sino de sus restos, o de su remanente, que durante varios siglos más continúa expandiéndose casi sin perder energía.

El gas en el interior de la cáscara está a una temperatura de un millón de grados, la misma que posee la corona solar. En esta etapa se encuentran hoy las supernovas históricas. La de 1006, por ejemplo, que fue la más brillante observada antes del telescopio, hoy es una fuente circular que emite rayos X y ondas de radio, y se proyecta en el cielo con un diámetro igual al de la Luna llena.

Con el paso de los siglos, cuando las pérdidas de energía de los remanentes de supernova se tornan importantes, comienza la penúltima fase, que dura varios milenios más. Y finalmente, al cabo de varios cientos de miles de años, los remanentes pierden toda su energía y alcanzan la muerte definitiva.

Si bien las supernovas marcan el final de la vida de las estrellas, constituyen el inicio de otros fenómenos. Cada núcleo estelar que sobrevive como estrellas de neutrones queda girando a velocidades vertiginosas y emite un haz de ondas de radio que, si viene hacia nosotros, se percibe como un faro que se prende y apaga en fracciones de segundo. Estos objetos se conocen como pulsares y, en casos excepcionales, también emiten rayos X y gamma.

Los remanentes de supernova generan un verdadero cúmulo de fenómenos astrofísicos. En sus frentes de choque se aceleran los rayos cósmicos, partículas de altísima energía que permean el espacio interestelar. Muchas veces, en su avance, esos frentes de choque colisionan con nubes de gas y polvo de la galaxia, y pueden desintegrarlas o provocar turbulencias. Estas generan centros de acumulación de materia: cuanta más masa acumulan, mayor será su atracción gravitatoria y, en consecuencia, atraerán más masa. Cuando al cabo de más de un millón de años toda esa masa atrapada arribe al tamaño crítico, la presión y la temperatura alcanzadas desatarán reacciones nucleares que marcarán el nacimiento de una nueva estrella, y se cerrará un ciclo en la ecología cósmica.

Sabemos que no es posible ver el nacimiento de una estrella, pues el denso entorno de gas y polvo en que está inmersa absorbe su primera luz. Pero por primera vez se pudo ver el instante exacto de su muerte o, dicho de modo positivo, el instante exacto del nacimiento de una supernova. Para los astrónomos fue como obtener, no una pieza difícil de la colección de fenómenos cósmicos, sino la imposible.

LECTURAS SUGERIDAS



BERSTEN MC et al., 2018, 'A surge of light at the birth of a supernova', Nature, 554, 7693: 497-499

GIACANI E y DUBNER G, 2009, 'Supernovas: el fin catastrófico de una vida estelar', CIENCIA Hoy, 110: 8-15.

HAMUY M y MAZA J, 2008, Supernovas. El explosivo final de una estrella, Ediciones B. **KIRSHNER RP**, 2006, El universo extravagante: estrellas explosivas, energía oscura y cosmos acelerado, Siruela, Madrid.

MARSCHALL L, 1991, La historia de la supernova, Gedisa, Buenos Aires.



Estela M Reynoso

en el IAFE.

Doctora en física, Universidad Nacional de Rosario. Investigadora independiente del Conicet



Marcelo A Scelzo

Universidad Nacional de Mar del Plata

Florencia Arrighetti

Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia (MACN), Conicet

La Argentina, país de langostinos

os crustáceos conforman un gran grupo de invertebrados, en su mayoría acuáticos, entre cuyos integrantes más conocidos se encuentran los langostinos, los camarones y los cangrejos. Los dos primeros son mariscos ampliamente apetecidos, pero esos nombres de uso cotidiano designan una amplia variedad de especies distintas en los diferentes países hispanohablantes, lo cual genera no poca confusión. En la Argentina, el término langostino se refiere a la especie Pleoticus muelleri (en inglés Argentine red shrimp) mientras que camarón se refiere a la especie Artemesia longinaris (en inglés Argentine stiletto shrimp), dos especies distintas, y de familias diferentes (camarón Penaeidae, langostino Solenoceridae). El langostino, al que se dedica este artículo, habita en aguas templadas y frías sobre la plataforma del Atlántico sudoccidental, desde el centro del Brasil hasta aproximadamente los 50° de latitud frente a Santa Cruz.

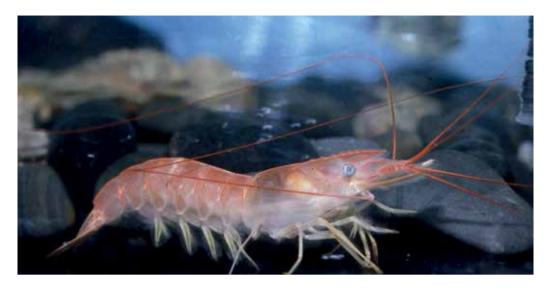
Los langostinos adultos son más grandes que los camarones, viven cerca del fondo del mar y pueden enterrarse en la arena, especialmente de día. Tienen hábitos carroñeros: se alimentan de restos animales y vegetales depositados en el fondo del mar. Conforman enormes cardúmenes que se desplazan desde aguas someras cercanas a la costa hasta profundidades de más de 100m.

Reproducción y ciclo de vida del langostino

Langostinos machos y hembras presentan algunas diferencias morfológicas externas, entre ellas que las hem-

— ¿DE QUÉ SE TRATA? ——

Paradoja para biólogos marinos: un recurso pesquero objeto de sobreexplotación que resulta al mismo tiempo sobreabundante. ¿Cómo puede ser?



Langostino (Pleoticus muelleri) vivo. Mide alrededor de 15 cm. Es un crustáceo natural del Atlántico sudoccidental llamado en inglés *Argentine* red shrimp, en alusión al color del animal. Fotografía tomada en acuario por el autor Scelzo.

bras alcanzan mayor tamaño (hasta 25cm, contra un poco menos de 20cm los machos). En los órganos reproductores femeninos, los ovarios, crecen las células sexuales u ovocitos, que pasan a los oviductos y salen al exterior en el desove por poros genitales ubicados en la zona ventral.

Por medio del órgano copulador de los machos o petasma, los espermatozoides son transferidos a la hembra durante la cópula junto con el líquido seminal, forman una estructura denominada espermatóforo que presenta color verde y se distingue del cuerpo rosado del animal. El espermatóforo se adhiere a la zona ventral de la hembra y permanece allí hasta el momento del desove. En ese momento se rompe el espermatóforo y en el agua de mar se produce la unión de los espermatozoides con los ovocitos expulsados por la hembra.

Cada hembra libera directamente al agua de mar cientos de miles de huevos esféricos. En un lapso de entre 24 y 48 horas, dependiendo de la temperatura del ambiente, se desarrolla el embrión, que rompe la tenue cáscara del huevo con sus pequeños apéndices y se transforma en una larva de medio milímetro llamada nauplius. Ésta comienza su vida libre como integrante del plancton, es decir, suspendida en el agua.

Langostinos cocidos

como se los encuentra

Las larvas son morfológicamente muy diferente de sus progenitores. Al ir creciendo, van cambiando de forma y de nicho ecológico, especialmente de tipo de alimento. Este proceso se denomina metamorfosis y se caracteriza por alteraciones abruptas de anatomía,

especialmente de la forma externa. Los siguientes estadios larvales, que se denominan protozoea y mysis, se alimentan de pequeñas partículas de fito y zooplancton; cuando alcanzan el estadio de poslarva, miden unos cinco milímetros de largo y tienen la forma de un adulto en miniatura. Como la mayoría de los animales que comienzan su vida como larvas planctónicas, sufren elevada mortandad, pues están a la merced de otros animales filtradores y comedores de plancton y sujetos a condiciones ambientales no siempre favorables para su supervivencia. Los ejemplares que sobreviven y dispusieron de abundante alimento alcanzan la madurez sexual en pocos meses, se aparean y dejan descendencia para reiniciar el ciclo de vida.

Desde el punto de vista biológico se reconocen dos tipos de maduración sexual: la morfológica, que consiste en la formación de estructuras para la cópula, y la funcional, que da lugar a las células sexuales. Exis-



te una relación directa entre fecundidad y talla, ya que los ejemplares de mayor tamaño liberan más ovocitos que los más pequeños. El langostino madura sexualmente cuando alcanza los 6cm de largo total, lo que sucede a unos cinco meses de vida. Puede tener más de un desove por año, en la primavera y al final del verano, y puede hacerlo por hasta tres años. Así, el número total de huevos puestos por una hembra de tamaño promedio puede oscilar entre 500.000 y un millón.

Pesquerías en aguas argentinas

Se conoce la existencia de tres poblaciones de langostinos en aguas argentinas, ubicadas respectivamente frente a Mar del Plata, a Bahía Blanca y al norte de la Patagonia. En ellas se concentra la pesquería. Conocerlas es fundamental para la preservación del recurso, pues cada una tiene áreas de desove de los ejemplares adultos, de alimentación y de crecimiento de juveniles, entre las que las poblaciones migran en ciclos determinados por las estaciones. Estudios realizados por biólogos marinos y pesqueros del antiguo Instituto de Biología Marina de Mar del Plata y del actual Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) de la misma ciudad han identificado esas áreas en aguas patagónicas.

El principal sitio norpatagónico de desove se encuentra frente a Rawson, desde el cual las larvas migran unos 400km hacia el sur del golfo de San Jorge en el proceso de completar su metamorfosis, más específicamente al bajo Mazaredo (46°45'S, 66°30'O), donde se concentran en profundidades inferiores a 40m. Durante los meses de febrero a mayo, los ya subadultos vuelven a migrar a Rawson. Durante esa migración se tornan vulnerables a las pesquerías.

Tradicionalmente las capturas de langostinos en esas aguas alcanzaban unos pocos miles de toneladas anuales. La presencia del langostino en las estadísticas pesqueras del país comienza a aparecer de modo sostenido, si bien oscilante, en la década de 1950 y, como se advierte en los gráficos de la página 31, a partir de fines de la década de 1990 se registra un crecimiento explosivo, explicado por varios factores, tanto externos como internos, entre ellos las restricciones a la captura de ciertas especies de peces sobreexplotadas, como la merluza, para las cuales se establecieron épocas de veda que incentivaron la búsqueda de otros recursos.

El langostino es una de las cuatro especies marinas más capturadas en aguas argentinas. Las otras tres son la merluza común (Merluccius hubbsi), el calamar (Illex argentinus) y la merluza de cola (Macruronus magellanicus).

En 2017 se pescaron legalmente más de 220.000 toneladas de langostinos, según los datos que maneja la Subse-







Camarón (*Artemesia longinaris*). Mide alrededor de 4cm y habita ambientes costeros del Atlántico sudoccidental. Es también llamado camarón estilete argentino, en inglés, *Argentine stiletto shrimp*. Arriba, el animal vivo fotografiado en acuario por PE Penchaszadeh a bordo del buque oceanográfico *Puerto Deseado*. Centro, camarones crudos en pescadería, que adquieren color rosado con la cocción (abajo). Los camarones no son langostinos pequeños sino crustáceos de otra especie.







Arriba. Buques empleados para pescar langostinos. Suelen tener entre unos 30 y 50m de eslora, ser operados por una veintena de tripulantes y permanecer en el mar hasta 60 días. Se los llama tangoneros congeladores, porque para arrastrar las redes pueden desplegar a babor y estribor sendos botalones llamados tangones, y porque congelan la pesca a bordo.

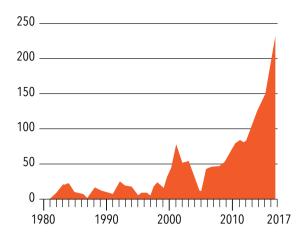
Abajo. Contenido recién volcado a bordo de las redes de un buque langostinero. Adviértanse los ocasionales peces en la masa rojiza de langostinos.

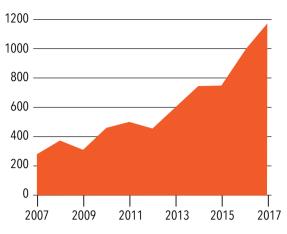
cretaría de Pesca y Acuicultura, de las que la mayoría se exportó. Ese nivel de capturas supera a las de otros países del mundo de crustáceos de la misma familia. Como el precio actual de exportación del langostino ronda los 6000 dólares por tonelada, esa exportación produjo un ingreso cercano a los 1200 millones de dólares. En países como Italia y España el langostino se vende al público a unos 12 €/kg.

La industria pesquera local, sin embargo, explica que se encuentra en crisis por factores como los precios en el mercado internacional, que se consideran bajos por la gran oferta (producto en parte del cultivo de otras especies de camarones), situación a la que se suman altos costos de operación y mantenimiento de las flotas pesqueras.

¿Son posibles sobreexplotación y sobreabundancia del langostino?

Aunque entre los parámetros biológicos que indican la sobreexplotación de una especie natural acuática se cuentan generalmente una disminución de la talla corporal y de la talla de reproducción de los ejemplares, ello no parece haber sucedido con el langostino. Esto podría ser posible gracias al alto potencial reproductivo, el ritmo acelerado de crecimiento y el corto ciclo de vida –no más de tres años– de la especie en condiciones favorables. Sin embargo, la intensa explotación podría





Izquierda. Pesca legal de langostinos en aguas argentinas entre 1980 y 2017, en miles de toneladas, según datos de la FAO (1980-2015) y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (2015-2017).

Derecha. Exportaciones argentinas de langostinos entre 2007 y 2017, en millones de dólares, según datos del INDEC publicados por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

provocar desequilibrios biológicos que a la postre motiven el colapso de la pesquería. En especies de ciclo de vida corto como el langostino existe imprevisibilidad sobre las condiciones capaces de causar súbitos cambios en la abundancia del recurso.

No tenemos al presente una respuesta científica concreta a la paradoja de sobreabundancia en un cuadro de sobreexplotación, pero podríamos plantear algunas hipótesis a ser corroboradas por investigaciones:

- Que existe gran abundancia de alimento en el ambiente natural.
- Que una de las causas de dicha abundancia de alimento es la captura por los buques pesqueros de peces sin interés comercial o de talla no comercial, que son arrojados al mar antes de desembarcar la carga.
- Que debido a la sobrepesca hubo reducción y hasta desaparición de predadores, especialmente de peces como la merluza. Ello contribuiría a la escasez de competidores por los alimentos.
- Que los reiterados ciclos de los fenómenos de El Niño (ENSO o El Niño Southern Oscillation) sucedidos en los últimos años hayan beneficiado a las po-

blaciones de langostinos. Esas anomalías climáticas asociadas con un aumento de la temperatura atmosférica y del agua del Pacífico sur traen aparejadas situaciones de sequía y abundantes lluvias en grandes áreas de Sudamérica donde lo común son las condiciones inversas. Las abundantes lluvias que se abaten en la superficie de los continentes lavan la tierra y arrastran minerales que, al llegar al mar, favorecen el crecimiento de las poblaciones de fitoplancton y algas. La abundancia de fitoplancton beneficia al zooplancton, que también se hace más abundante. Los ciclos de producción y muerte de fitoplancton y zooplancton producen restos de materia orgánica que se deposita en el fondo en forma de partículas a su vez consumidos por los organismos comedores de fango y de detritos, los cuales son alimento de los langostinos.

Las hipótesis anteriores son especulaciones teóricas que, en forma individual, posiblemente no expliquen la gran abundancia de langostinos, pero quizás la combinación de esos factores produzca dicho efecto. Estos son temas que la biología pesquera debe abordar junto con todas las demás variables, físicas, químicas y biológicas.

LECTURAS SUGERIDAS



BOSCHI E, 1989, 'Biología pesquera del langostino del litoral patagónico de la Argentina (*Pleoticus muelleri*)', *Contribuciones INIDEP*, 646: 1-72.

GÓNGORA ME *et al.*, 2012, 'Caracterización de las principales pesquerías del golfo San Jorge', *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40: 1-11.

SCELZO MA, 2016, 'Biología reproductiva del langostino y del camarón de las aguas marinas argentinas', en Boschi E (ed.), *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros*, tomo 6: 71-88, INIDEP, Mar del Plata.



Marcelo A Scelzo

Doctor en ciencias naturales, UNLP. Investigador jubilado del Conicet y ex profesor de la UNMDP. mascelzo@gmail.com



Florencia Arrighetti

Doctora en ciencias biológicas, UBA. Investigadora asistente en el MACN, Conicet.

florarrighetti@gmail.com

Hallazgo mundial

Descubren en San Juan un dinosaurio gigante de más de 200 millones de años

La investigación fue realizada por científicos del CONICET y publicada en la prestigiosa revista Nature Ecology & Evolution.

Por Miguel Faigón

dinosaurios dominaron ecosistemas terrestres por más de 140 millones de años durante la Era Mesozoica (iniciada hace 250 millones de años y culminada hace 66 millones de años). Entre ellos, el grupo de los sauropodomorfos mega familia de dinosaurios herbívoros – incluye las especies de animales terrestres de mayor tamaño de las que se tenga registro. Hasta ahora se consideraba que los primeros dinosaurios gigantes, mayores a 10 toneladas, habían surgido en el período Jurásico - hace unos 180 millones de años- y que posteriormente evolucionaron hasta alcanzar alrededor de 70 toneladas, como los que conocemos de épocas más recientes en Patagonia.

Un nuevo estudio realizado por investigadores del CONICET a partir del descubrimiento de una nueva especie de dinosaurio, Ingentia prima, hallada en la localidad de Balde de Leyes, en la Provincia de San Juan, reveló que los primeros dinosaurios gigantes aparecieron, en realidad, cerca de 30 millones años antes que lo que se pensaba, durante el Triásico (unos 210 millones de años atrás). De acuerdo a los resultados de la investigación -publicados en Nature Ecology & Evolution – los dinosaurios en esta época llegaron a alcanzar cerca de 10 toneladas, un peso similar al de los primeros gigantes del Jurásico.

"El nombre de la nueva especie 'Ingentia' significa inmensa y hace referencia a su tamaño colosal para la época en la que vivía, en tanto que 'prima' indica que es el primer gigante conocido hasta hoy", explica Cecilia Apaldetti, investigadora asistente del CONICET en el Centro de Investigaciones de la Geósfera y la Biósfera (CIGEOBIO, CONICET-UNSJ) y del Instituto y Museo de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) y autora principal del trabajo.

"El estudio revela, además, que la nueva especie se encuentra cercanamente emparentada a una especie ya conocida del Triásico de la Argentina y otra de Sudáfrica, lo que nos llevó a definir una nueva familia de dinosaurios: Lessemsauridae", explica Diego Pol, investigador principal del CONICET en el Museo Paleontológico Egidio Feruglio (MEF), y uno de los autores del trabajo. "Esto confirma la conexión de ambos continentes y evidencia la gran radiación y éxito evolutivo que tuvieron estos dinosaurios herbívoros durante casi toda la era Mesozoica", agrega.

Lo que diferencia a las especies de este nuevo grupo es una estrategia de crecimiento novedosa que los distingue tanto de los saurópodos gigantes del Jurásico como de

las especies más primitivas con las que coexistieron en el Triásico.

"Mientras los dinosaurios gigantes del Jurásico crecían de manera acelerada y continua hasta llegar a ser adultos, los dinosaurios primitivos del Triásico lo hacían de forma estacional, de manera similar a lo que vemos en el crecimiento de los árboles. Lo que diferencia a estos primeros gigantes de la familia Lessemsauridae es que crecían de manera cíclica pero extremadamente acelerada. Lo más sorprendente es que durante la estación de crecimiento acelerado lo hacían a una velocidad aún mayor a la de los gigantes que crecían de manera continua", explica Ignacio Cerda, investigador adjunto del CONICET en el Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología (IIPG, CONICET-UNRN) y coautor del trabajo.



Equipo extrayendo a Ingentia prima. De izquierda a derecha: Carolina Jofré, Eliana Fernández y Cecilia Apaldetti. Foto: Gentileza investigadores.



Esta información pudo obtenerse gracias al estudio de la microestructura interna de los huesos, la cual permite conocer, entre otros aspectos, de qué forma crecían los dinosaurios y otros animales extintos.

El estudio permitió además deslindar el gran tamaño que pueden alcanzar los dinosaurios respecto de otros cambios anatómicos, que eran considerados una condición indispensable para el gigantismo. "En general se considera que el agigantamiento requiere de diversos cambios anatómicos que acompañan al aumento de la masa corporal. En el Triásico los dinosaurios sauropodomorfos eran cuadrúpedos o bípedos facultativos, es decir los brazos no se utilizaban exclusivamente para caminar, sino que también cumplían otras funciones. En las especies de tamaño gigante los brazos adoptan una función exclusivamente motora -son columnares, pierden flexibilidad y tienden a desaparecer las falanges de los dedos-. Otros cambios que habían sido notados son el alargamiento del cuello y la reducción del cráneo", relata Apaldetti.

El estudio documenta que los primeros gigantes, como *Ingentia* y otras especies de *Lessemsauridae*, llegaron a alcanzar este tamaño, pero carecen de un cuello extremadamente largo y, pese a ser cuadrúpedos, sus brazos no son completamente columnares y poseían falanges y garras bien desarrolladas. Esto lleva a concluir que ciertas características anatómicas hasta ahora consideradas imprescindibles para el gigantismo en realidad no lo eran, y fueron producto de una evolución posterior.

No obstante, los investigadores reconocen que sin la mediación de ciertos cambios anatómicos no hubiera sido posible que los dinosaurios llegaran a los tamaños extraordinarios de hasta 70 toneladas como lo hicieron en épocas más recientes.

Por otro lado, además de la similar masa corporal existe un rasgo muy particular que diferencia a esta nueva familia de dinosaurios del resto de los sauropodomorfos del Triásico y los acerca a los pri-

meros gigantes del Jurásico: rastros de un eficaz sistema respiratorio similar al que poseen las aves actuales.

"Tenemos indicios en el esqueleto de profundas cavidades que indicarían la presencia de extensiones del sistema respiratorio invadiendo los huesos como lo hacen los sacos aéreos de las aves actuales. Esto está muy desarrollado en la zona cervical -tal como poseen las aves actuales- y sugiere la aparición de un sistema de respiración muy eficiente coincidente con el momento del origen del gigantismo", señala Pol.

El estudio multidisciplinario incluyó además la participación de Ricardo Néstor Martí-

nez y Oscar Alcober, ambos investigadores del Instituto y Museo de Ciencias Naturales —del cual el segundo es Director— y del CIGEOBIO, quienes idearon y lideraron el proyecto.

"Las rocas triásicas de Balde de Leyes complementan la historia que conocíamos de los principales grupos de vertebrados que surgieron unos millones de años antes y hoy vemos preservados en Ischigualasto, por ejemplo. Este nuevo yacimiento además contiene rocas de edad Jurásica con un alto contenido fosilífero, lo que da una continuidad de información acerca de la historia evolutiva de estos animales que se originaron, diversificaron y conquistaron casi

todos los ecosistemas terrestres durante el resto de la era Mesozoica",



Programa Nacional Ciencia y Justicia del CONICET

En el 31 aniversario del BNDG, se reflexionó sobre la importancia de articular la ciencia con la justicia

La Jornada contó con la participación de numerosos científicos que expusieron sobre su trabajo en el área forense.

Por Cintia Kemelmajer

En el Centro Cultural de la Ciencia (C3), se conmemoraron los 31 años del Banco Nacional de Datos Genéticos (BNDG) a través de una jornada de capacitación y discusión titulada "La articulación entre Ciencia y Justicia para pensar los Derechos Humanos". La misma fue co-organizada

por el Programa Nacional Ciencia y Justicia del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), y constó de mesas temáticas que tuvieron como objetivo reflexionar sobre la importancia de la articulación de ambos mundos en la búsqueda de la verdad sobre los crímenes

de lesa humanidad perpetrados durante la dictadura.

Durante la apertura del encuentro, la Directora General Técnica del BNDG, doctora Mariana Herrera, sostuvo: "Esta es la segunda jornada de Ciencia y Justicia en la cual el BNDG articula con el CONICET. Hace

CIENCIA EN TU VIDA

31 años que el Banco fue creado por ley. Fue un caso de éxito de un Estado que se comprometió para resolver los crímenes perpetrados por el propio Estado. Los científicos, desde que se creó el Banco en 1984, han avanzado muchísimo: las ciencias forenses han ocupado un rol fundamental en la resolución de los procesos judiciales en los juicios de lesa humanidad".

Y continuó: "La resolución de casos a través de pericias forenses han sido parte de un desarrollo que nació en nuestro país. Hoy no solo las ciencias duras son importantes asistiendo a la Justicia, sino las Ciencias Sociales y Humanísticas, las Ciencias de la Comunicación, que permiten hacer el análisis políticos y sociológicos de lo que sucedió en la dictadura y poner el foco en patrones que se siguen repitiendo", mencionó. En este sentido, señaló que en un panel de la jornada se propuso la reflexión sobre la violencia de género, "cuyos patrones actuales se muestran en los feminicidios que tienen mucho que ver con prácticas de ensañamiento hacia la mujer que comenzaron en la dictadura. Poner en perspectiva el pasado remarcó- permite no repetirlas en el futuro".

Luego, fue el turno del secretario de Derechos Humanos de la Provincia de Buenos

Aires, Santiago Cantón, quien inició su discurso expresando que "en pocos casos uno puede decir que lo importante no son los años cronológicos sino lo hecho en estos 31 años del Banco para las víctimas de las violaciones a los Derechos Humanos. El Banco ha sido un pilar fundamental para restablecer la dignidad de los argentinos, perdida durante la dictadura". Y continuó: "No hace falta aclarar la importancia de la ciencia en los Derechos Humanos. El mundo jurídico generalmente es muy conservador frente al mundo científico, nunca fue demasiado productiva la relación".

Asimismo, Cantón subrayó el trabajo hecho por Abuelas en la búsqueda de los nietos y de la identidad, gracias al BNDG, que fue utilizado en muchos países en el mundo –en Balcanes, en Filipinas- trascendiendo las fronteras de Argentina. Y nombró el caso de los 43 estudiantes desaparecidos en México: "Fue gracias a un grupo de científicos y médicos que allí se pudo determinar, en parte, que la verdad que se estaba tratando de imponer por parte del Estado no era cierta".

Luego fue el turno de la presidenta de la Asociación Abuelas de Plaza de Mayo, Estela de Carlotto, que felicitó la iniciativa de sociabilizar la ciencia para el avance de los Derechos Humanos en compañía de la Justicia e hizo un racconto histórico sobre la lucha de la Asociación que preside y la idea de crear un Banco de estas características. "Esto es una lucha permanente que hemos tenido las Abuelas desde que nos tocó cambiar la vida por otra. Mi presencia acá representa una historia colectiva, de todas las dictaduras de Latinoamérica".

"Las Abuelas -prosiguió- se nuclearon en 1977 intentando buscar respuestas sobre dónde estaban nuestros hijos y nietos, siempre con la esperanza del regreso a casa de ambos, y nada de esto pasó. Recorrimos lugares de muerte y de vida, viajamos a buscar pruebas y nos vinculamos con científicos hasta que llegó la democracia y nos pusimos a trabajar hasta que nació esta idea de instalar un espacio científico de esta calidad". El BNDG, recordó de Carlotto, se instaló en el Hospital Durand, "ahí nació esto, que es un ejemplo en el mundo. Hoy estamos orgullosas de cómo el BNDG es famoso por la seriedad y el respeto con el que trabaja. Encontramos ya 127 nietos, pero faltan 300".

A su turno, el vicepresidente de Asuntos Tecnológicos del CONICET, doctor Miguel Laborde, trajo a colación el convenio firmado entre el CONICET y el BNDG para situar el conocimiento científico al servicio de la sociedad. "Este convenio es una manera de reparar tardíamente la falta de compromiso de los científicos cuando las Abuelas tocaron nuestra puerta para buscar respuestas, y ante la negativa, tuvieron que recurrir al exterior".

La Jornada incluyó paneles en los que se discutió el rol del Estado al servicio de la búsqueda de jóvenes; también se discutió cómo la ciencia es perito en causas de lesa humanidad y el rol de la Justicia. Por último, se repasó la perspectiva de género y los sentidos del pasado a la luz del presente.

El acto de cierre de la Jornada estuvo a cargo del gerente de Asuntos Legales y responsable técnico del Programa Nacional Ciencia y Justicia del CONICET, Dr. Alan Temiño, del secretario de Articulación Científico Tecnológica del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Lic. Agustín Campero, y de la Dra. Mariana Herrera.



En panel de apertura de las Jornadas. Fotos: CONICET Fotografía.



Prototipo innovador en Tandil

Inteligencia artificial: detectan accidentes de tránsito en Twitter

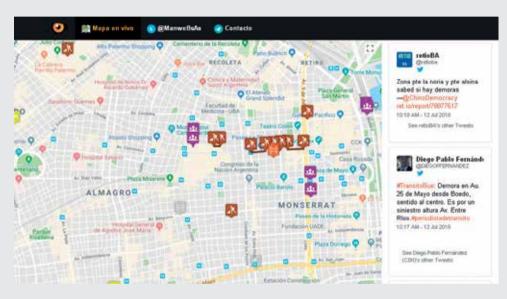
Investigadores y becarios del Instituto Superior de Ingeniería de Software Tandil desarrollan un software para tener una visión general del estado de tránsito de una región determinada.

Por Sergio Patrone Firma Paz y colaboración de Yesica Etcheverry

l contexto de ciudades cada vez más inteligentes hay que sumarle mucho volumen de información en las redes sociales, y el tránsito no escapa a este fenómeno. Por ejemplo, en Twitter, los usuarios comienzan a quejarse de los servicios cuando hay una línea de subte que no funciona, un accidente que interfiere su paso, una calle cerrada al tránsito, un bache o un semáforo fuera de servicio. Tanto es así que agentes gubernamentales y medios de comunicación han decidido utilizar Twitter como una herramienta para comunicar estos acontecimientos. Sin embargo, es tanto el volumen de información que esta llega a perderse. "Es por ello, que a partir del uso de Inteligencia Artificial podemos utilizar técnicas de clasificación", explica Luis Berdun, doctor en Ciencias de la Computación, quien se desempeña en el grupo de Sistemas Inteligentes del Instituto Superior de Ingeniería de Software Tandil (ISISTAN, CONICET-UNCPBA).

El Instituto de Sistemas de Tandil, nace dentro de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), y a partir de su vinculación dentro del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) se conformó en el año 2011 como Unidad Ejecutora que pasó a llamarse Instituto Superior de Ingeniería de Software Tandil (ISISTAN, CONICET-UNCPBA). Dentro del ISISTAN se dividen en 4 grupos: Sistemas de Recomendación; Sistemas Inteligentes; Computación Distribuida y Móvil; Metodologías y Herramientas para Diseño de Software.

El grupo al cual pertenece el Dr. Berdun se dedica a Sistemas Inteligentes. Allí aplican distintos conceptos de la Inteligencia Artificial, entre otros temas, para detectar tuits y cuando están hablando de incidentes de trán-



Manwe: http://si.isistan.unicen.edu.ar/manwe/

sito, ubicarlos en un mapa y transformarlos en información útil.

"Tomamos todo este bruto de tuits de personas que se procesa. Es como un embudo, detectamos cuáles de esos tuits están hablando de tránsito y con técnicas de procesamiento de lenguaje y de geocodificación, en qué lugar exacto del mapa se produjo dicho evento. El sistema tiene que poder interpretarlo como la locación exacta, a partir de ahí se agrupa esa información, en información más refinada y útil para el usuario final. Si conocemos la rutina del usuario, le podemos avisar de los incidentes que lo afectan", explica Berdun, quien también se desempeña como docente la facultad de Ciencias Exactas y director de la carrera del doctorado de Ciencias de la Computación de la UNCPBA.

Dicho trabajo se desprende de la tesis de grado de Brian Caimmi y Sebastián Vallejos, actuales becarios doctorales del CONICET en el ISISTAN. El objetivo general es diseñar y desarrollar una plataforma para ciudades inteligentes que provea servicios tecnológicos de alto nivel (STAN) y que permita la construcción de *apps* que consuman dichos servicios

Tal desarrollo será articulado con el Municipio de Tandil para llegar a un prototipo, y en una segunda etapa se vincularán con empresas del Parque Científico Tecnológico regional para desarrollar aplicaciones piloto sobre la plataforma.

Para el estudio de IA se utilizan algoritmos y aplicaciones, así como también Data Mining – extracción de información significativa de grandes bases de datos-, Big Data para grandes volúmenes de datos, Deep Learning, una tecnología de aprendizaje y clasificación basada en redes de neuronas artificiales numéricas. Todo el volumen de información se procesa en un clúster – conjunto de computadoras-.



Instrucciones para autores

Gran parte de los artículos que publica CIENCIA HOY son enviados espontáneamente por sus autores. Cuanto mayor sea la participación de los investigadores y académicos en las páginas de la revista, mejor se cumplirán los objetivos de la Asociación Ciencia Hoy de lograr que la actividad científica obtenga reconocimiento social e intervenga en la modernización del país.

SECCIONES DE LA REVISTA

CIENCIA Hoy alberga a todas las ramas del saber, desde las humanidades y ciencias sociales hasta las disciplinas biológicas y fisicomatemáticas y sus respectivas tecnologías. Contiene las siguientes secciones regulares (las extensiones indicadas son orientativas):

AQUÍ CIENCIA: informes y consideraciones (hasta 2500 palabras) sobre avances científicos o tecnológicos que hayan tenido lugar en el Cono Sur. Redáctense siguiendo lo indicado para la sección CIENCIA EN EL MUNDO.

ARTÍCULOS: trabajos que expliquen investigaciones y sus resultados al público general y a colegas de otras disciplinas (hasta 2500 palabras).

CARTAS DE LECTORES: comentarios (hasta 300 palabras) sobre lo aparecido en números anteriores, sobre temas que se desee ver abordados o cualquier aspecto del quehacer científico y la educación superior. Los editores pueden publicar parcialmente una carta o modificar su texto para hacerlo más claro.

CIENCIA EN EL AULA: sugerencias y orientaciones sobre cómo presentar en clase determinados temas científicos, o cómo aprovechar mejor para su labor pedagógica lo publicado en la revista.

CIENCIA EN EL MUNDO: breves notas (hasta 1500 palabras) sobre alguna novedad científica o tecnológica importante. Es necesario que el autor introduzca brevemente el tema, señale su importancia y cite la fuente de la información.

CIENCIA Y SOCIEDAD: comentarios sobre algún aspecto del conocimiento o sus aplicaciones, que tenga o haya tenido particular impacto en la sociedad (hasta 2500 palabras).

EL LECTOR PREGUNTA: interrogantes sobre cuestiones científicas o humanísticas. En la medida en que no salgan del marco de la política editorial, se publican con su respuesta por un especialista.

EL PASADO EN IMÁGENES: fotografías de época de hechos pasados de significación histórica.

ENSAYOS: textos que el comité editorial considere de interés, pero que no respondan al concepto de divulgación científica o académica, ni quepan -por su dimensión especulativa y literaria- en la sección OPINIONES.

GRAGEAS: textos cortos (unas 300 palabras) que comenten -con indicación de la fuente- noticias significativas aparecidas en revistas científicas.

HUMOR: contribuciones escritas o gráficas que se refieran a la investigación, a la actividad académica, a la universidad, etcétera, y a los seres que pueblan esos extraños mundos.

MEMORIA DE LA CIENCIA: notas que analicen aspectos poco conocidos de la historia del conocimiento, las ideas científicas, la ciencia en general y la tecnología (hasta 2500 palabras).

CÓMO ENVIAR UNA COLABORACIÓN

Se ruega hacer llegar las colaboraciones por correo electrónico. No usar el formato .pdf para los textos, sino .doc o sus equivalentes. Remitir el material (e indicar dirección postal y electrónica del autor, así como números de teléfono) a:

CIENCIA HOY

Corrientes 2835, Cuerpo A, 5° A, (C1193AAA) Ciudad de Buenos Aires Tel.: (011) 4961-1824 y Fax: (011) 4962-1330 E-mail: contacto@cienciahoy.org.ar

RECOMENDACIONES

Redactar las contribuciones teniendo en cuenta que sus destinatarios no son especialistas. Imaginarse que el típico lector de la revista puede ser un profesor del secundario. Proceder, por lo tanto, como sigue:

- Evitar el uso de jerga técnica; recurrir a términos equivalentes del lenguaje cotidiano; por ejemplo, en lugar de osteopatía, escribir enfermedad de los huesos. Cuando el uso de la jerga sea aconsejable o inevitable, definir siempre, con precisión pero de manera sencilla, el significado de los términos.
- Evitar el uso innecesario de expresiones matemáticas o químicas; cuando se las emplee, proporcionar también, hasta donde se pueda, una explicación intuitiva.
- Utilizar siempre el sistema internacional de unidades (http://www.bipm.org/en/measurement-units). Si en alguna disciplina fuera usual no emplearlo, dar las equivalencias.
- Antes de enviar una contribución, entregársela a alguien ajeno al tema para que la lea y verificar si entendió lo que el autor quiso transmitir.
- Usar el lenguaje más sencillo posible. No emplear palabras extranjeras si hubiese razonables equivalentes castellanos. Evitar neologismos, muletillas y expresiones de moda.
- Las imágenes desempeñan un papel fundamental en la divulgación científica. Esfuércense los autores por obtener los dibujos y las fotografías que mejor ilustren su contribución.
- No incluir notas a pie de página ni referencias. Si se hace una cita textual, poner su fuente completa entre paréntesis en el texto. Agregar entre cuatro y seis lecturas, principalmente, obras de divulgación que se puedan encontrar en librerías o bibliotecas: evitar poner solo trabajos del autor, informes técnicos o artículos en revistas especializadas.

ILUSTRACIONES

Enviar las ilustraciones en formato digital, en forma de archivos .tif, .gif, .eps, .bmp o .jpeg. Es imprescindible

que tengan una definición mínima de 300dpi (puntos por pulgada) para un tamaño de 20 x 30cm. Las imágenes descargadas de internet por lo general carecen de esa resolución, a menos que el sitio lo indique claramente, por lo que no suele ser posible utilizarlas. Excepcionalmente también se pueden recibir ilustraciones impresas en papel fotográfico (revelado común), diapositivas o película negativa. Si la única posibilidad fuera reproducir una ilustración de un libro o revista, por favor escanearla con dicha definición.

POLÍTICA EDITORIAL

Las contribuciones son evaluadas en primera instancia por el comité editorial que, si las considera de interés, las envía (siguiendo las reglas internacionales de anonimato e independencia) a dos árbitros que juzguen su calidad técnica.

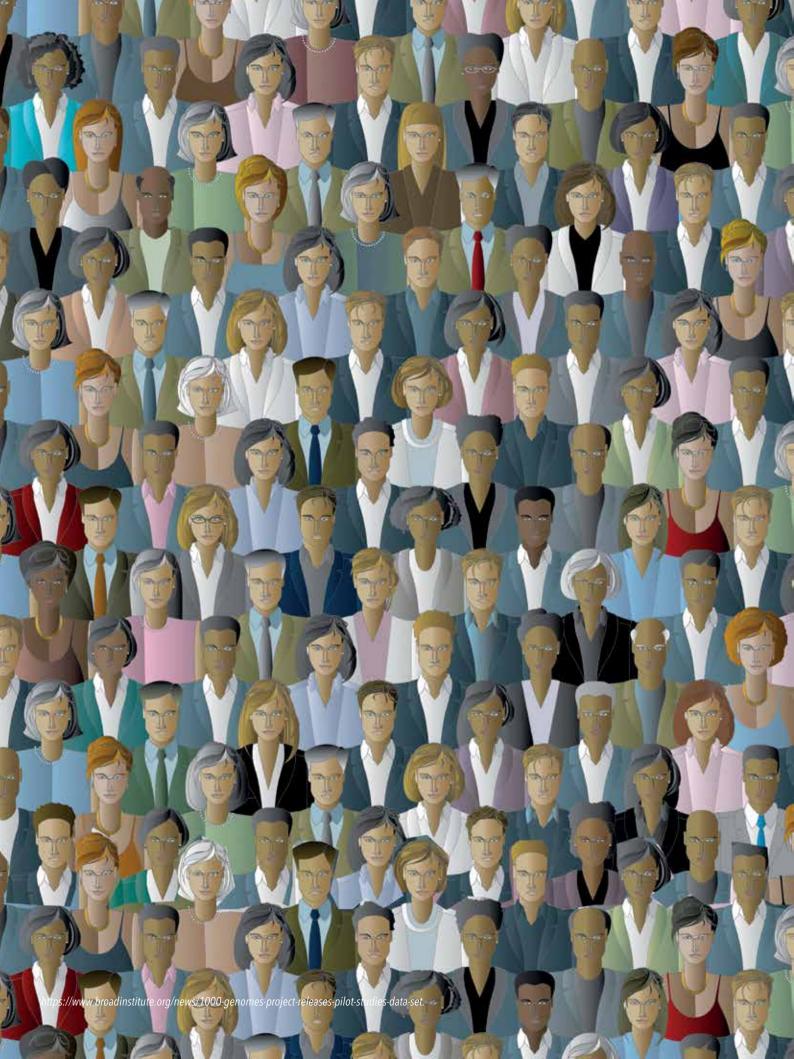
Normalmente, las contribuciones sometidas a arbitraje regresan a los autores con observaciones, sugerencias o correcciones de los árbitros, más pedidos de ajuste de los editores, que los autores tienen entera libertad de aceptar o rechazar: de la decisión que tomen depende la aceptación final del trabajo por parte de la revista. Cuando Ciencia Hoy decide hacer conocer al autor, en parte o en todo, las opiniones de los árbitros, no revela los nombres de estos.

Toda nota aceptada para su publicación, luego de concluido el proceso de arbitraje, pasa por un minucioso procesamiento de estilo: en la práctica, casi todas las contribuciones son redactadas nuevamente por el equipo editorial de la revista, para adaptarlas a las necesidades de los lectores. En todos los casos se solicita al autor que apruebe el texto reformado.

El uso del idioma en la revista se ajusta a las normas y los criterios de castellano culto y, en especial, a lo establecido por la Real Academia Española y por la Academia Argentina de Letras, por lo que a veces no coincide con las prácticas de ciertas revistas científicas o tecnológicas. Las decisiones finales sobre cuestiones de redacción, gramática, estilo, títulos, subtítulos e ilustraciones corresponden a Ciencia Hoy, que considera las preferencias de los autores para tomarlas.

Como cada número de la revista debe mantener un equilibrio de secciones y áreas del conocimiento, la publicación de los trabajos no necesariamente sigue el orden de su aceptación.

Toda comunicación entre autores y editores es canalizada por la secretaria del comité editorial en nombre de este y expresa la opinión colectiva de los editores.



Sebastián A Vishnopolska v Marcelo A Martí

Instituto de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (IQUIBICEN), UBA

Genética y 'medicina de precisión'

¿A qué se llama medicina personalizada o de precisión?

Con el advenimiento del siglo XXI la medicina se encontró súbitamente ante un mundo de posibilidades que, pocas décadas antes, habrían sido consideradas más ciencia ficción que realidad inminente. La llave que abrió las puertas de ingreso en ese mundo fue la genómica, que es el estudio de los genomas. (El genoma de un ser vivo es el conjunto de la información genética codificada por su ADN.) Así, cuando a mediados de la década de 1980 se emprendió la tarea de inventariar (técnicamente, secuenciar) el genoma de la especie humana, se programaba concluir la labor al cabo de varias décadas de trabajo y luego de haber invertido muchos cientos de millones de dólares en el esfuerzo. Si bien se pensaba entonces que

se podría llegar a conocer la estructura genética concreta de cualquier individuo y de esa manera determinar su probabilidad de padecer determinadas enfermedades, también se creía que se arribaría a eso en un futuro incierto y relativamente lejano.

Las cosas, sin embargo, tomaron un ritmo impensado, impulsadas por la creación de nuevas e ingeniosas técnicas de laboratorio. Para inicios de 2001 se publicó en la revista científica Nature el 90% de los 3000 millones de pares de bases que constituyen el genoma humano, es decir, se dio a conocer el orden en que se suceden los cuatro tipos de dichas bases (llamadas adenina, citosina, guanina y timina) en el ADN. Después se puso a punto una

— ¿DE QUÉ SE TRATA? ———

Los avances de la tecnología genómica abren la posibilidad de tratamientos a medida de cada paciente.

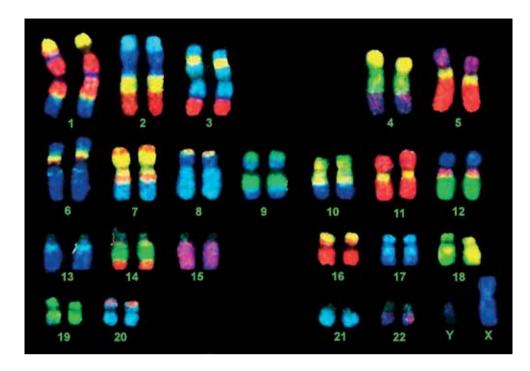


Imagen de microscopía óptica de los 46 cromosomas humanos. Están teñidos con un compuesto fluorescente para distinguirlos, por lo que los colores carecen aquí de significado y se habla de microscopía de fluorescencia. Los cromosomas están agrupados en 23 pares, cada uno formado por un cromosoma heredado del padre y uno de la madre. Cada cromosoma mide entre 1 y 5 micrómetros. Un par se distingue de los demás, al punto de que no se lo numera, sino que se identifica a cada uno de sus miembros respectivamente con la letra X o Y: son los cromosomas que determinan el sexo. Las mujeres tienen dos ejemplares del considerablemente más grande cromosoma X, mientras que los hombres tienen un X y un Y, el segundo de los cuales, en consecuencia, solo es heredado por vía paterna.

nueva generación de técnicas de secuenciación del ADN, las cuales, además de ser mucho más baratas, pusieron al alcance de la mano, por así decirlo, la ansiada información genética de cada individuo que quisiera obtenerla. Quedó así muy facilitado el camino hacia la medicina personalizada o medicina de precisión, es decir, la posibilidad de prevenir, diagnosticar y tratar a cada paciente sobre la base de las características distintivas de su genoma y no sobre las del paciente medio reveladas por información estadística.

¿A quién beneficia la medicina de precisión?

Entre los primeros beneficiados por esta medicina se cuentan quienes padecen enfermedades genéticas causadas por mutaciones de un solo gen, que a veces se llaman enfermedades mendelianas porque su forma de transmisión sigue patrones similares a los encontrados por el monje Gregor Mendel (1822-1884) en sus conocidos

- ■ GEN, EXOMA O GENOMA: ¿CUÁNTO SE REQUIERE SECUENCIAR? ■

Un interrogante inevitable en el momento de iniciar un análisis genómico con fines diagnósticos es determinar qué y cuánto secuenciar. Los factores a considerar son la probabilidad de encontrar la mutación responsable de la patología que se investiga y los costos. Si bien en diversas enfermedades genéticas se llega a un diagnóstico preciso secuenciando solamente un gen asociado con dicha patología, para muchas enfermedades es posible que la mutación se encuentre en uno de entre 10, 50 o hasta 100 genes diferentes. En otros casos, los síntomas no permiten un diagnóstico clínico certero y se deben evaluar varias dolencias posibles, cada una con varios genes asociados. Los genes poseen regiones o secuencias de bases, llamadas exones, que son las responsables de que el organismo produzca determinada proteína (técnicamente, las que codifican esa proteína); y poseen secuencias mucho más extensas que no codifican y

usualmente cumplen funciones regulatorias. Como la mayoría de las mutaciones patógenas se encuentran en los exones, usualmente solo estos se secuencian.

Por otra parte, el costo de secuenciar crece de manera más que proporcional a la cantidad de ADN que se secuencia, por lo cual pasar de un gen a varios, al conjunto de exones o exoma (las regiones codificantes de cerca de los 20 mil genes humanos conocidos) y al genoma completo son decisiones con importantes consecuencias económicas, más el hecho de que el tiempo requerido para el análisis crece con el número de genes secuenciados. Con excepción de las enfermedades de tipo mendeliano, para las que se conoce un único gen causante, en estos momentos la mejor elección suele ser secuenciar un grupo de genes o extenderse hasta abarcar el exoma. En el futuro posiblemente la práctica se extienda a la secuenciación del genoma completo de la persona.

experimentos con arvejillas. Como tales enfermedades son hereditarias, la posibilidad de que un miembro de una familia sea sano o enferme depende de los genes heredados de sus padres o, más concretamente, de que haya heredado el gen mutado patógeno de uno o de ambos de sus progenitores.

Esto es así porque, para que un individuo que lo hereda padezca la enfermedad, puede bastar que lo reciba de solo uno de sus progenitores, o puede ser necesario que le venga de ambos. Cada persona, en efecto, hereda dos juegos completos de genes, uno del padre y el otro de la madre. Se dice que quien recibe una mutación genética determinada de sus dos progenitores es homocigota con respecto de ella; en cambio, quien solo hereda un gen mutado es heterocigota. Por su lado, se dice que el gen mutado es dominante si el heterocigota adquiere la dolencia, y que es recesivo si solo el homocigota enferma. En este segundo caso, el heterocigota sano puede sin embargo transmitir la mutación.

Entre las enfermedades genéticas mendelianas, la acondroplasia, el tipo más común de enanismo por el cual la persona tiene cabeza y tronco normales y extremidades acortadas, resulta de mutaciones de carácter dominante, es decir, también el heterocigota enferma. En cambio, la fibrosis quística, la anemia falciforme y la enfermedad de Tay-Sachs son causadas por mutaciones genéticas recesivas. En esta clase de enfermedades, los heterocigotas o portadores sanos de la mutación pueden llevar una vida normal y no están de manera natural en desventaja reproductiva. Por ello, la patología puede alcanzar una alta incidencia comparativa en grupos endogámicos, como pobladores de islas u otras comunidades cerradas. El lector podrá entretenerse en calcular las probabilidades de

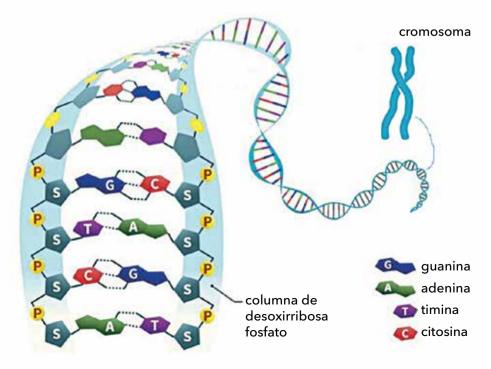
que alguien contraiga esta clase de enfermedades según sus padres sean sanos, homocigotas o heterocigotas en diferentes combinaciones.

La medicina de precisión, sin embargo, no está exenta de dificultades. Al secuenciarse con fines diagnósticos el genoma de un individuo se advierten normalmente decenas de miles de variantes o mutaciones. Muchas nunca se habían encontrado antes; otras son conocidas pero no se les ha descubierto efectos sobre la salud, mientras que solo una o unas pocas son reconocidamente patógenas. Por lo tanto, para evaluar los resultados de tal análisis, es fundamental disponer de patrones de comparación, además de entrenamiento en genómica. En muchos países, incluida la Argentina, ambas cosas no abundan.

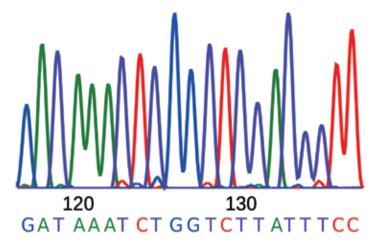
Una iniciativa de la UBA

En este contexto en 2016, se acordó una colaboración entre un grupo de investigación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, dirigido por Adrián G Turjanski y Marcelo A Martí —en el que participan Sebastián Vishnopolska, German Biagioli, Jonathan Zaiat, Gerónimo Dubra, Guadalupe Buda, Nelba Pérez, María T Bernardi, Sergio I Nemirovsky y Juan P Bustamante— con la empresa Bitgenia SA, la cual brinda servicios de análisis e interpretación genómica y fue creada, con participación de los nombrados, en el marco de acciones de fomento estatal a la transferencia al medio no académico del conocimiento creado en instituciones de investigación, y a su aplicación.

Representación esquemática de la doble hélice de ADN que conforma los cromosomas. En colores se indica la forma concreta del apareamiento específico de las dos hebras o cadenas que forman la doble hélice, lo cual sucede mediante la interacción de los pares de bases, que siempre es adenina (A, verde) con timina (T, violeta) y citosina (C, rojo) con guanina (G, azul). La franja celeste representa la columna de desoxirrobosa fosfato que estructura la molécula. Las letras P y S indican respectivamente el fosfato y el azúcar o desoxorribosa constitutivos de la columna. Los nucleótidos están compuestos por las bases (A, T, C y G) más la o desoxorribosa (S) y el fosfato (P). Arriba a la derecha se muestran en detalle un par de cromosomas representados cruzados, como se los ve en el microscopio. Cada cromosoma incluye entre unos 50 y unos 200 millones de bases.







Arriba. Uno de los muchos equipos modernos de secuenciación de ADN que existen en el mercado. Es de marca Illumina, modelo MiSeq.

Abajo. Resultado de la secuenciación de un fragmento de ADN realizada por un equipo moderno de secuenciación automática marca Sanger, equivalente al Illumina de la figura superior. Cada nucleótido está teñido de manera fluorescente de un color segun la clave indicada por las letras. El eje vertical mide la intensidad de la fluorescencia de cada nucleótido; el horizontal, la posición de los nucleótidos en la secuencia.

Como parte de ese acuerdo, se encararon la secuenciación y el análisis de genomas de pacientes con diagnóstico presuntivo de enfermedades poco frecuentes, definidas como aquellas que estadísticamente padecen no más de uno de cada 2000 individuos. En la actualidad se estima que existen alrededor de 8000 diferentes enfermedades de este tipo, las que afectan al 7% de la población mundial; en la Argentina habría alrededor de 3,2 millones de personas alcanzadas por ellas. En algunos casos se trata de enfermedades asociadas con uno o unos pocos genes, como el síndrome de Sotos o la epilepsia mioclónica progresiva; en otros casos, están relacionadas con decenas de genes, como los desórdenes de glicosilación, y las hay vinculadas con más de 100 genes, como las in-

munodeficiencias primarias. La colaboración analizó un centenar de casos en los que intervinieron más de 58 médicos de 32 instituciones públicas y privadas de salud del país.

En términos generales, de la secuenciación de la información genética de pacientes con diagnóstico clínico se obtiene alguno de los siguientes cuatro resultados. El primero es encontrar una o más mutaciones conocidas asociadas en forma cierta con la dolencia diagnosticada; es un resultado que se suele alcanzar en aproximadamente el 30% de los casos. El segundo es encontrar una mutación hasta ese momento desconocida en un gen asociado con la enfermedad; tal mutación debe ser evaluada por los métodos experimentales aceptados para confirmar su asociación con la patología del diagnóstico. El tercero es hallar mutaciones en genes asociados de alguna manera no concluyente con el cuadro clínico; este resultado no puede sustentar un diagnóstico ni llevar a conclusiones sobre la salud del paciente, pero proporciona una hipótesis de trabajo. El último es no encontrar mutación relevante alguna.

Más de un cuarto de los arriba de 100 casos analizados por el grupo de investigación que se indicó fueron exitosos en el sentido de desembocar en un diagnóstico cierto por haberse dado con una mutación comprobadamente asociada con la patología. Otro cuarto de los casos puso de manifiesto la existencia de mutaciones desconocidas, para cuya asociación cierta con la enfermedad hace falta recorrer bastante camino de estudios experimentales; así, por ejemplo, se debe verificar si el producto codificado por esa mutación es diferente del producido por el gen sin mutar y, en caso afirmativo, considerar si las características biológicas de dicho producto podrían estar relacionadas con la contracción de la dolencia.

El tercer grupo aproximadamente igual de casos comprendió aquellos con mutaciones de significado incierto pero potencialmente patógenas, las que, en consecuencia, también plantean la necesidad de mayor investigación. Finalmente, en el último cuarto de los casos no se encontraron mutaciones que explicasen la enfermedad, por lo que no arrojaron luz sobre las causas de esta.

La cantidad de casos estudiados no es suficiente, sin embargo, para sacar conclusiones estadísticamente significativas. Pero permite evaluar, en una primera instancia, las capacidades locales para aplicar métodos genómicos de investigación clínica y compararlas con experiencias realizadas en países centrales, en los que, por ejemplo, se suele lograr un diagnóstico fundado en alrededor del 30% de los casos sometidos a análisis similares.

La experiencia realizada proporciona nuevas evidencias en favor de dar a las investigaciones una dimensión interdisciplinaria. La división de tareas entre especialis-

tas es la forma más práctica y eficaz de llevar a cabo varios de los pasos sucesivos de esta clase de estudios, entre ellos la recopilación de la historia clínica del enfermo por parte de médicos, la obtención y el análisis de muestras biológicas por bioquímicos de laboratorio, el procesamiento de datos por bioinformáticos, la identificación y el análisis de las mutaciones de genes por parte de biólogos moleculares y la interpretación del significado clínico de estas por parte de médicos, que tienen también la responsabilidad de delinear el pronóstico y conducir el tratamiento. Pero sin el trabajo en equipo de dichos especialistas, las probabilidades de lograr un buen resultado se deterioran. Y esto también subraya la necesidad de capacitar a todos los especialistas nombrados, en alguna etapa de su formación, en el área de la genómica clínica.

La genómica clínica

El ejercicio de la genómica clínica no escapa del marco más general de la ética médica y científica, lo mismo que del de las políticas sociales y de sanidad, aunque puede presentar algunas facetas específicas. Sin entrar en tema y solo a título informativo, señalemos algunos de los interrogantes que se presentan. ¿Qué prioridad dar a los estudios genómicos en comparación con otros programas de salud? ¿Cómo asignar prioridades entre los diferentes pacientes que puedan beneficiarse de ellos? ¿Cómo financiar esta clase de medicina todavía en etapa experimental? ¿Es razonable el esfuerzo de llegar a un diagnóstico cierto de dolencias para las que aun con tal diagnóstico no existe tratamiento, o es suficiente un diagnóstico probable? ¿A quién pertenecen los datos genómicos individuales, y quiénes



La diversidad de la población de México en tiempos virreinales según un óleo de alrededor de 1750 del género llamado entonces 'pintura de castas'. Katzew I, 2004, Casta Painting, Yale University Press.

■ GENÓMICA Y MEDICINA DE PRECISIÓN ■

Los avances de los últimos treinta años en el conocimiento de la genética abrieron la posibilidad de que los médicos receten a cada paciente drogas y le apliquen tratamientos específicamente adaptados a las características individuales de su organismo, y no a las del hipotético enfermo medio de las estadísticas. Esa posibilidad, que ya comienza a concretarse si bien está en pañales, y que recibió el nombre de medicina personalizada o medicina de precisión, confiere un nuevo y muy concreto significado al antiguo aforismo médico según el cual 'no existen enfermedades: existen enfermos'.

También se cita la afirmación: 'los buenos médicos tratan enfermedades; los grandes médicos tratan enfermos'. En consecuencia, si por medicina de precisión o medicina personalizada entendemos tratar a cada paciente según las características distintivas de su propio organismo, se podría decir que toda la medicina es medicina de precisión. Pero el ejercicio de esta se ve fuertemente respaldado por el nuevo instrumento de la genómica, sobre todo para enfermedades genéticas o con un marcado componente genético, porque, entre otras cosas, conduce a elecciones farmacológicas mucho más precisas. Así, de los pacientes con fibrosis quística, solo para los que presentan una mutación llamada G551D en el gen CFTR existe una droga con buenas perspectivas terapéuticas. La genómica permite, precisamente, identificar a esos pacientes.

Existen, sin embargo, algunas dificultades derivadas de la manera en que se concretaron los avances realizados hasta la fecha en el

conocimiento genómico. Por diversas razones, principalmente las diferencias de tipo económico, político y de desarrollo científico entre países ricos y pobres, las bases de datos genómicos sobre las que se comienza a construir la medicina de precisión no reflejan de modo equilibrado la estructura genética de la población mundial. Concretamente, las bases de datos genómicos creadas para fundamentar la medicina de precisión adolecen hou de limitaciones que redundan en contra de las poblaciones de Iberoamérica, África y Asia. Esto crea claras limitaciones para aplicar dicha medicina fuera de los países avanzados, y pone a las sociedades de desarrollo intermedio, como la argentina, ante la necesidad de encontrar un camino adecuado para beneficiarse de la nueva tecnología médica.

Por otro lado, la medicina de precisión, como toda la alta tecnología médica, es de alto costo en comparación con la atención primaria de la salud, lo que pone a las políticas sanitarias públicas ante la necesidad tomar decisiones cuidadosas en el momento de asignar recursos, que siempre son limitados, con una visión de largo plazo. Es así que, en países como la Argentina, han ido emergiendo fórmulas institucionales que combinan el subsidio estatal con inversiones privadas de riesgo y la venta de servicios al sistema de prestadores de salud. Los autores del artículo participan de esa clase de iniciativas, que pueden también verse como una transferencia al medio no académico del conocimiento creado en instituciones de investigación, y un camino para promover su aplicación.

tienen derecho de conocerlos? ¿Qué actitud ética tomar ante la posibilidad de transmitir enfermedades genéticas?

La experiencia relatada de dos años de trabajo en genómica clínica muestra que sería posible ofrecer localmente servicios de diagnóstico molecular que hoy se encuentran disponibles internacionalmente. Que esta actividad se extienda, incluso a escala regional, depende de que se continúe y se amplíe la formación de especialistas, lo cual está al alcance del medio académico, y esencialmente de que se encuentren los caminos adecuados para afrontar los costos de las secuenciaciones y ofrecerlas a precios competitivos en el mercado internacional. De cualquier manera, aun cuando, por razones de escala, no conviniese llevar a cabo la secuenciación propiamente dicha en forma local, seguirían siendo necesarios acá los servicios altamente especializados de definir con precisión qué secuenciar, de interpretar los resultados y de orientar pronósticos y tratamientos.

LECTURAS SUGERIDAS



DUDLEY JT & KARCZEWSKI KJ, 2013, Exploring Personal Genomics, Oxford University Press. JORDE LB, CAREY JC & BAMSHAD MJ, 2009, Medical Genetics, Elsevier.

KORNBLIHTT A, 2013, La humanidad del genoma. ADN, política y sociedad, Siglo XXI, Buenos Aires. MARTÍ MA, 2017, Genoma y salud. Cómo el poder de leer nuestro ADN está revolucionando la medicina, Eudeba, Buenos Aires.

PENCHASZADEH V, 1995, 'Consecuencias éticas del estudio del genoma humano', CIENCIA Hoy, 6, 32: 10-21.

TORRES JM, 2002, 'La genómica y la revolución de la medicina', CIENCIA HOY, 12, 70: 63-69. YANG Y et al., 2013, 'Clinical whole-exome sequencing for the diagnosis of Mendelian disorders', New England Journal of Medicine, 369, 16: 1502-1511.



Marcelo Martí

Doctor en química, UBA. Investigador principal del Conicet en el IQUIBICEN, UBA. Profesor asociado del Departamento de Química Biológica, FCEN, UBA. marti.marcelo@gmail.com



Sebastián A Vishnopolska

Licenciado en ciencias biológicas, UBA. Becario doctoral del Conicet en el IQUIBICEN, UBA. sebasvishno@gmail.com

Diana Szelagowski, Stephanie Suchecki, Carolina Dari y Anahí Cuellas

Universidad Nacional de Quilmes

Textura y percepción del sabor de los alimentos

l gusto que 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, junto con el oído, la vista, el tacto y el olfato. A su vez, el órgano de percepción del sabor es la lengua, dotada de células llamadas receptores de sabor, que actúan como sensores capaces de identificar los cinco sabores básicos (dulce, salado, amargo, ácido y umami) y transmitir la información al cerebro.

Sucede, sin embargo, que las cosas no son tan sencillas, pues otros factores, en adición a la percepción del sabor, intervienen en determinar el gusto de la comida. Así, diferentes estudios 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.

La palabra textura aplicada a alimentos se refiere a la estructura o disposición física de sus componentes y a las sensaciones táctiles que producen. La textura de la comida gobierna su comportamiento mecánico ante deformaciones, cómo percibimos su forma y la orientación de sus partículas, hasta dónde advertimos la presencia de algún ingrediente, su aspereza, suavidad o granulosidad. En la apreciación de la textura de los alimentos intervienen el epitelio gustativo, el oído, la lengua, los dientes y la saliva, con el resultado de reconocerse atributos como la firmeza, suavidad, suculencia y resistencia a la masticación de los comestibles.

— ¿DE QUÉ SE TRATA? -

Un experimento de gabinete sobre los factores que coadyuvan a definir qué gusto le sentimos a la comida, más allá del sabor que apreciamos por las papilas gustativas.

Con el fin de comprobar cómo influye la textura en el gusto que las personas le sienten a la comida, las autoras de esta nota hicimos el experimento de someter a un grupo de 150 personas elegidas al azar y no entrenadas, de entre 15 y 75 años, el mismo alimento –yogur de vainilla— con dos preparaciones distintas: una en forma de gel y otra, de espuma. El estudio se realizó en el ámbito del Departamento de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes.

Cada participante probó en forma sucesiva ambas preparaciones y completó una ficha de encuesta para cada una en la que indicó en una escala de 0 a 5 su opinión sobre la intensidad de tres sabores (dulce, ácido y salado) y sobre si el gusto del alimento le había agradado o desagradado.

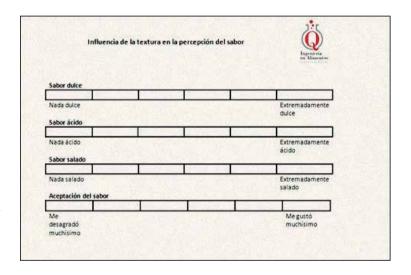
Geles y espumas alimentarias presentan texturas muy diferentes. Una espuma es una dispersión de burbujas de gas en un líquido y caracteriza, por ejemplo, a cremas batidas, helados de crema, merengues, pan o soufflés. Un gel —por ejemplo, una gelatina— presenta una densidad similar a los líquidos con una estructura más semejante a un sólido.

Una síntesis de los resultados del experimento se presenta en el cuadro y el gráfico. Las cifras son simples promedios de los puntajes asignados por los participantes según la escala de 0 a 5. De su análisis se advierte que los encuestados reaccionaron de manera diferente a las dos

Ficha de encuesta. Cada encuestado completó dos fichas: una para yogur preparado como gel, y otra, preparado como espuma. En cada una de las cuatro filas puso una cruz en el casillero correspondiente a su opinión.



Forma de presentar las preparaciones a los encuestados: la espuma en una cuchara y el gel en un tenedor.



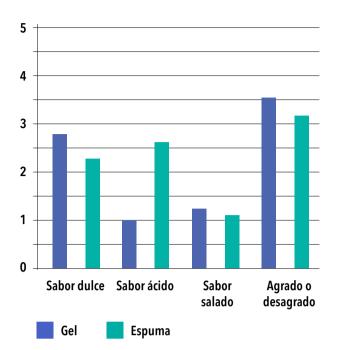
PREPARACIONES DEL YOGUR DE VAINILLA

Preparación de gel de yogur

Se parte de una mezcla de yogur de vainilla y lactato de calcio, que se sumerge en una solución de alginato de sodio. El ácido algínico y los alginatos son productos ampliamente extendidos en la industria alimentaria que se obtienen de algas pardas deshidratadas. El alginato de sodio, que es una sal sódica de un hidrato de carbono, reacciona iónicamente con el lactato de calcio y forma un gel de estructura semejante a una caja de huevos. La técnica de esferificacion utilizada se basa en producir la gelificación de la interfase entre dos sustancias, de modo que se obtiene una vesícula gelificada en la superficie y líquida por dentro.

Preparación de espuma de yogur

Se prepara una mezcla de yogur de vainilla y se le agrega goma Xantán y lecitina de soja. La lecitina actúa como emulsionante y mantiene una fase estable entre el líquido (en este caso, yogur bebible) y el gas de la goma Xantán, como estabilizante de la espuma. El proceso de espumado consiste en incorporar gas a una dispersión en forma de burbujas rodeadas por una película. La utilización de Xantán y lecitina de soja en estas preparaciones modifica cómo fluyen los sistemas alimentarios, pero no les agrega sabores. La preparación se coloca en un sifón que funciona con cápsulas de dióxido de nitrógeno (NO₂), gas perfectamente adecuado para la elaboración de alimentos que reemplaza la acción mecánica del batido.



	Sabor dulce	Sabor ácido	Sabor salado	Agrado o desagrado
Gel	2,80	0,98	1,23	3,56
Espuma	2,28	2,63	1,11	3,16

Arriba. 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 un grupo de 150 personas elegidas al azar y no entrenadas, de entre 15 y 75 años, a muestras del mismo alimento –yogur de vainilla– con dos preparaciones distintas: una en forma de gel y otra de espuma.

Izquierda. Resultados de la encuesta en forma gráfica.

muestras, sobre todo en cuanto a su apreciación de los sabores ácido y salado (sobre todo el primero). La espuma fue percibida como más ácida que el gel, y este como más salado.

Por su lado, no se registró diferencia marcada en la percepción del sabor dulce, aunque se le atribuyó al gel mayor dulzor, lo cual no es enteramente coherente con las percepciones del sabor salado.

El gel fue considerado más agradable que la espuma, es decir que de este estudio surgiría que para el yogur los consumidores se inclinan por una preparación gelificada, la que perciben como agradable, ligera a medianamente ácida y dulce. La preparación espumosa se percibió como más acida y poco dulce.

El hecho de que ambas muestras correspondieran al mismo producto nos autoriza a concluir que, en efecto, la percepción humana del gusto de la comida es el resultado de un conjunto de factores que trascienden el sentido del gusto y resultan de la activación de los otros sentidos. Esto, a su vez, proporciona pistas valiosas a la industria alimentaria para que pueda elegir procesos que arrojen los resultados más apreciados por el consumidor.

LECTURAS SUGERIDAS



SPENCE C y VARGAS B, 2010, 'Percepción multisensorial del sabor', Ciencia Cognitiva, 4: 3, 85-87. VINCENT JFV y ELICES M, 2004, 'La textura de los alimentos. Un complemento al sabor', accesible en https://metode.es/revistas-metode/monograficos/la-textura-de-los-alimentos-un-complemento-al-sabor.html.



Anahí Cuellas

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



Diana SzelagowskiEstudiante de grado de ingeniería en alimentos, UNQ.



Stephanie Suchecki
Estudiante de grado de ingeniería en alimentos, UNQ.



Carolina Dari

Estudiante de grado de ingeniería en alimentos, UNQ.

La CIENCIA en los CUENTOS 2018

El Instituto de Astronomía y Física del Espacio, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y la Asociación Civil Ciencia Hoy, con el auspicio del Programa de Promoción de la Lectura del Ministerio de Educación de la Argentina, el Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (FCEYN-UBA) y el Área de Ciencias del Centro Cultural Borges, convocan a un concurso de cuentos cortos sobre temas científicos, con el objetivo de promover el interés de los jóvenes por la ciencia y por la literatura.

Se premiarán los tres mejores cuentos. El premio consistirá en la publicación en forma de libro de estos junto a los de otros siete participantes, que recibirán menciones especiales. Se entregará además una suscripción anual gratuita a la revista CIENCIA HOY a cada uno de los autores de los tres cuentos ganadores.

El jurado está compuesto por los siguientes expertos:

Mariano Ducros, profesor de literatura, Universidad de Palermo, ex director del Departamento de Extensión Cultural del Centro Cultural Borges

Daniel Salomón, investigador principal del Conicet, primer premio en los concursos Julio Cortázar, Eduardo Bocco y Attilio Betti

Ana María Vara, profesora de la Escuela de Humanidades, UNSAM, diploma al mérito 1997 de la Fundación Konex

Los autores deberán tener entre dieciséis y dieciocho años al cierre de la convocatoria y tener ciudadanía argentina o residencia en la Argentina.

El plazo de presentación de las obras cerrará el

30 de septiembre de 2018

Son coordinadores del concurso Viviana Bianchi y Alejandro Gangui

Bases del concurso en: http://cms.iafe.uba.ar/gangui/difusion/concurso/18/

Informes o consultas:

Asociación Civil Ciencia Hoy

Tel: +54 11 4961-1824 contacto@cienciahoy.org.ar

Dirección de Relaciones Institucionales Conicet

Tel.: +54 11 4899-5400 www.conicet.gov.ar vocar@conicet.gov.ar

Laura Cucchi

Instituto de Historia Argentina y Americana Dr Emilio Ravignani, UBA-Conicet

Nuevas miradas sobre la construcción del Estado argentino

a formación o construcción del Estado Nacional implicó organizar el poder y la dominación política del territorio sometido a su jurisdicción, así como asegurar el ejercicio de esa dominación mediante un conjunto de instituciones. En las últimas décadas la historiografía revisó el relato canónico acerca de ese proceso sobre la base de estudios empíricos de casos que muestran su real complejidad. Los trabajos actuales se preguntan cómo se produjo la articulación de múltiples experiencias locales, regionales e internacionales que dieron forma al Estado, y rescatan una diversidad de ideas y acciones de los protagonistas, así como proyectos que no llegaron a los

resultados esperados. Sobre esas bases, los historiadores están brindando nuevas explicaciones acerca de cómo se edificó el sistema político entre 1853, cuando se sancionó la Constitución Nacional, y 1880, para cuando habitualmente se considera que el Estado se había consolidado.

Si bien hubo historiadores que analizaron lo sucedido en la materia en décadas anteriores a 1853 y proporcionaron un punto de partida firme a los que abordaron el lapso que nos ocupa —especialmente, José Carlos Chiaramonte—, los trabajos clásicos sobre dicho lapso se deben, entre otros, a Natalio Botana, Tulio Halperin Donghi y Oscar Oszlak, y datan de las décadas de 1970 y

– ¿DE QUÉ SE TRATA? –

Traducir la Constitución de 1853 en formas concretas de gobierno requirió resolver múltiples cuestiones, entre ellas, el grado de centralización de la república federal, los mecanismos electorales, y el equilibrio entre el poder del gobierno y la libertad de los ciudadanos. En muchas de tales cuestiones se perfilaron dos líneas de pensamiento, de inspiración respectivamente mitrista y sarmientina.



Bartolomé Mitre (1821-1906), presidente de Nación entre 1862 y 1868, cuyas ideas acerca de la manera de construir el Estado en el marco de la Constitución de 1853 diferían en muchos aspectos de las que finalmente se adoptaron, inspiradas en Sarmiento. Reproducción parcial de un daquerrotipo de ca. 1854 tomado por fotógrafo desconocido, Museo Histórico Nacional.



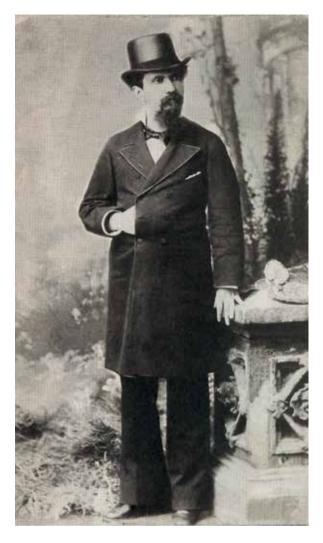
Domingo Faustino Sarmiento (1811-1888), presidente de Nación entre 1868 y 1874, mentor intelectual y en parte ejecutor del proceso de centralización del poder que alcanzó madurez en 1880. Foto Christiano Junior, 1873, AGN.

1980. Ellos concibieron el proceso formativo del Estado como el producto de avances acumulativos que partieron de una secuencia fundacional dada por el acuerdo constitucional de 1853, la reforma de 1860 impuesta por Buenos Aires para aceptar la Constitución y la unión del Estado de Buenos Aires con la Confederación Argentina en 1861-1862. Luego, en esta visión, vinieron dos décadas de discordia y conflicto civil que se cerraron en 1880 cuando el Estado Nacional impuso su poder sobre todas las provincias, logró dominar los territorios del Chaco y la Patagonia, y estimular un crecimiento económico y demográfico difícil de imaginar en los años previos.

Esta imagen progresiva estuvo fuertemente asociada con dos nociones. En primer lugar, la idea de que la Constitución contenía todos los detalles sobre cómo debía construirse el Estado y que a los dirigentes políticos solo tocaba plasmar en la práctica sus directrices. En segundo lugar, el supuesto de que la Constitución misma era la prueba más contundente de que las fuerzas políticas de todas las provincias estaban de acuerdo sobre el país que querían construir y que, por ello, sus enfrentamientos en-

tre 1853 y 1880 no podían explicarse más que por motivos triviales ligados a las luchas por el poder, conflictos locales de familias, etcétera. Para los autores citados, esas disputas fueron retardando la consolidación estatal hasta 1880, cuando una nueva generación de políticos provinciales impuso los intereses de la Nación por sobre las provincias mediante un Estado fuerte y centralizado capaz de garantizar el orden necesario para impulsar el progreso. En síntesis, aunque existían distintos matices en esas miradas, en su conjunto caracterizaban al proceso formativo del Estado como un camino lineal, sobre el que los protagonistas solo podían avanzar, resistirse a hacerlo o provocar demoras en función de su incapacidad o sus intereses.

Estudios recientes han cambiado sustancialmente la forma de analizar y entender la política y su relación con la sociedad. Los nuevos enfoques pusieron en evidencia lo mucho de azaroso que tienen los procesos históricos e invitaron a dirigir la mirada del historiador a acontecimientos de escalas más locales, aunque sin perder de vista el marco general. Desde esta perspectiva, una nueva generación de historiadores examinó la experiencia



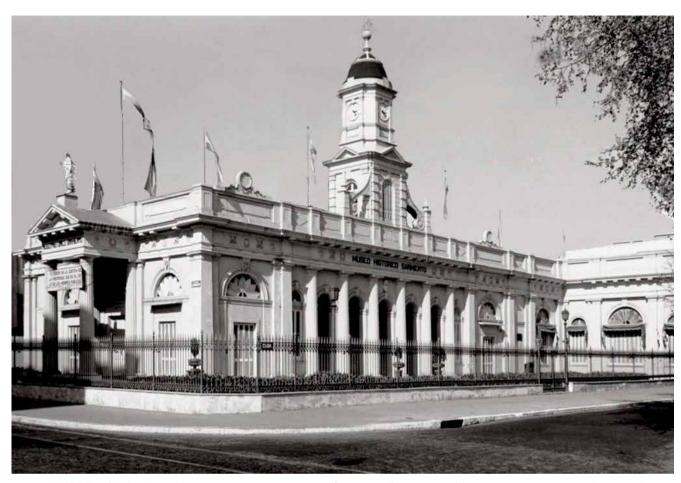


Nicolás Avellaneda (1837-1885), presidente de Nación entre 1874 y 1880 como sucesor de Sarmiento, de quien había sido ministro de Educación y con cuyas ideas comulgaba. Fue el primer presidente civil y el autor de la ley de federalización de Buenos Aires, que, en palabras de Juan Bautista Alberdi, significó la consolidación institucional de la Argentina. Fotografía de 1880 de autor desconocido, AGN.

Julio A Roca (1843-1914), presidente de la Nación entre 1880 y 1886 (y entre 1898 y 1904), primer presidente de la Argentina institucionalmente consolidada y figura predominante de la generación del 80. Fotografía de 1878 de autor desconocido, AGN.

de los diferentes estados provinciales durante los años de la Confederación Argentina (1852-1861) –incluido el período en que existió un Estado de Buenos Aires separado de ella— y de las presidencias de Bartolomé Mitre, Domingo F Sarmiento y Nicolás Avellaneda (1862-1880). Ese examen arrojó luz sobre las negociaciones y confrontaciones específicas del proceso de construcción estatal en cada lugar, y mostró que no hubo un progresivo avance del Estado central sobre provincias que disputaban su autoridad, sino más bien un proceso de ida y vuelta en que los líderes provinciales colaboraron en la construcción de la autoridad central, al tiempo que esta afirmaba su control de todo el territorio.

Los nuevos estudios que cuestionan el concepto de demora entre la unificación nacional (1861) y la consolidación estatal (1880) critican, por ejemplo, el trabajo de Oscar Oszlak La formación del Estado argentino (Editorial Universidad de Belgrano, Buenos Aires, 1982 [Ariel, Buenos Aires, 2012]), que analizó ese proceso como un avance del poder central y de consolidación de sus instituciones. Oszlak mostró que el Estado en construcción debió afirmar su soberanía en toda la extensión del territorio que reclamaba estableciendo juzgados federales, construyendo ferrocarriles y caminos, abriendo oficinas de correos y telégrafos, creando colegios nacionales, etcétera. Es decir, concentrando funciones que hasta entonces eran realizadas por los estados provinciales, la Iglesia Católica o entidades de la sociedad civil. Para este autor, en ese proceso de fortalecimiento del control estatal centralizado y de extensión de sus alcances a todo el territorio el sistema político adquirió los rasgos que caracterizan a un Estado moderno.



Municipalidad del pueblo de Belgrano, hoy Museo Histórico Sarmiento, edificio construido en 1873 por el arquitecto Juan Antonio Buschiazzo en el que se reunieron ambas cámaras del Congreso Nacional para tratar la ley de federalización de Buenos Aires, sancionada el 21 de septiembre de 1880.

La reciente historiografía también entiende así a un Estado moderno, pero es consciente de que ello no resultaba tan claro ni tan unívoco para quienes protagonizaron ese proceso en el siglo XIX. Los dirigentes de aquella época tenían algunos acuerdos básicos sobre los contornos generales del orden político que querían construir, entre ellos, que fuera republicano, representativo y federal, que estuviera abierto al mundo y que se integrara al mercado mundial incorporando mano de obra y capitales externos. Pero sabían que no había una única receta para llegar a ese resultado, sino caminos diversos con pros y contras que debían debatirse y sopesarse. Entendían, también, que esos acuerdos básicos no alcanzaban, pues había aspectos más específicos del sistema político que debían definirse y regularse.

Así, por ejemplo, la carta fundamental establecía un sistema federal, pero ¿qué grado de centralización debía tener el federalismo? Esta cuestión fue una de las principales preocupaciones de Sarmiento, especialmente en materia militar. ¿Tenían las provincias el derecho de intervenir en la organización y la administración de las fuerzas militares, o quedaba ello reservado al Estado central? En cuanto al régimen republicano, con el

fin de impedir un aumento desmedido de la autoridad presidencial y, al mismo tiempo, dar al presidente herramientas para afrontar las guerras internas y externas en tiempos convulsionados, ¿qué tipo de frenos y contrapesos debían existir entre el Poder Ejecutivo, el Congreso y el Poder Judicial? ¿Podía el presidente por sí mismo movilizar tropas en las provincias, dictar la intervención federal o el estado de sitio, o estaba sujeto a controles por parte de los otros poderes? Y ¿con qué régimen electoral había que llevar a la práctica el sistema representativo? Las respuestas a lo último fueron diversas: tanto la Nación como las provincias cambiaron varias veces las normas electorales. No existían entonces respuestas únicas a estas cuestiones en que la Constitución apenas había fijado pautas muy generales y encargado al Congreso Nacional y a las legislaturas provinciales sancionar leyes que regularan su aplicación. En las décadas que siguieron a 1853, cuando los poderes legislativos debieron elaborar ese corpus de leyes, se hizo evidente que el diseño constitucional podía adoptar figuras institucionales diversas. Por esos motivos, el período formativo del Estado debe concebirse como una etapa de intensa experimentación político-institucional

y de profundos desacuerdos, pero también de consensos cambiantes entre las fuerzas políticas.

Los estudios recientes muestran que las dos cuestiones más importantes en disputa fueron cómo regular la relación entre gobernantes y gobernados, y cómo hacerlo para la de la Nación con las provincias. Los dos temas eran fundamentales para controlar el poder del gobierno nacional y remitían al meollo de cómo dar a la Argentina la forma de república federal y liberal, en la que los derechos individuales sirvieran de límite a la autoridad del gobierno, existiera igualdad política y se respetaran las libertades de expresión, de reunión, de prensa, etcétera.

Hubo disensos importantes acerca de las instancias y las formas por las que los ciudadanos podían controlar al gobierno. En las polémicas se destacaron dos posturas, no sistemáticas ni coherentes, pero legítimas en la medida en que ambas eran compatibles con la Constitución. Una basaba el control del gobierno por los ciudadanos en la movilización cívica, y fue defendida principalmente por los seguidores de Mitre; la otra creía que el funcionamiento institucional era el mejor seguro contra un uso arbitrario del poder, y tuvo su expresión más clara



Miguel Juárez Celman (1844-1909), presidente de Nación entre 1886 y 1890. Siendo gobernador electo de Córdoba, fue una pieza clave en obtener que las provincias apoyaran la candidatura de Roca a la presidencia de la Nación. Foto Witcomb, AGN.

en el pensamiento y la acción política de Sarmiento. La primera posición ponía énfasis en la expresión de la opinión pública por la prensa y en la movilización ciudadana en las calles; la segunda confiaba más en el accionar del Congreso y del Poder Judicial.

¿Cómo se tradujeron esas diferencias de ideas en las disputas legislativas y políticas concretas? Quienes privilegiaban la movilización ciudadana abogaron por instituciones específicas, como jurados populares, para asegurar que los delitos contra la libertad de expresión y de prensa fueran juzgados por ciudadanos y no por los poderes del Estado. También defendieron las milicias cívicas que funcionaron durante toda esa etapa, y las consideraron más acordes con una república que un ejército profesional permanente, pues este podía convertirse en el sustento de un poder tiránico. Igualmente, consideraron que la gestión y el control de los actos electorales debían estar en manos de los ciudadanos y no de empleados del gobierno. En cambio, quienes defendieron la segunda postura entendieron que esas formas de ejercicio permanente de la soberanía popular impedían asegurar la estabilidad necesaria para hacer posible el progreso civilizatorio y el crecimiento económico. Como sintetizó Julio A Roca al dar su mensaje al Congreso en 1881, 'no es confiadas en los entusiasmos de la plaza pública ni en los arrebatos del momento que las naciones conservan su independencia e integridad, sino con la paz interior, las virtudes cívicas del ciudadano, el respeto al principio de autoridad y el acatamiento a la Constitución y a las leyes'.

El otro gran tema en disputa, el federalismo, resultó particularmente complejo. Hubo polémicas recurrentes sobre cuáles eran atribuciones exclusivas del Estado nacional, cuáles de las provincias, en qué aspectos había una superposición de facultades y cómo debía procederse en este último caso. Esas preguntas estuvieron presentes en todos los debates parlamentarios sobre asuntos militares, fiscales, educativos o de administración de justicia. Se vincularon con controversias más generales sobre los orígenes del federalismo argentino, entre ellas si la Argentina era continuación del Estado centralizado de la colonia o el resultado de un pacto entre estados provinciales soberanos, pero también con juicios variados sobre la capacidad o la incapacidad de las provincias para sostener sus sistemas institucionales, ya que varias dependían de las subvenciones del Estado central. La resolución de estas contiendas implicó que el Estado Nacional, más que llevar a la práctica la Constitución, debió negociar y renegociar con las provincias en un marco que contenía posibilidades muy diversas.

La historiografía actual está analizando las argumentaciones y las prácticas concretas que dieron forma a la relación entre gobernantes y gobernados, así como entre Nación y provincias, y muestra que, a partir de media-

dos de la década de 1870, triunfaron la tendencia hacia la centralización y la mirada institucionalista desconfiada de la movilización cívica. Estas posturas, que habían circulado de manera difusa en las décadas anteriores, fueron adoptadas por el Partido Autonomista Nacional, que entonces se estaba formando como una coalición de líderes provinciales, y que llevó a Roca a la presidencia en 1880 con el programa sintetizado en el lema 'Paz y administración'. Ello implicó la derrota de otras formas de entender y aplicar la Constitución, como las prevalecientes en el mitrismo.

En síntesis, las nuevas investigaciones no ven la formación del Estado argentino como un camino inexorable, obstaculizado durante treinta años por desavenencias circunstanciales, que solo cristalizó en 1880 cuando finalmente los grupos dirigentes lograron que la 'realidad imitara a la letra'. En cambio, toman en serio la perspectiva de los contemporáneos y señalan la existencia de amplios desacuerdos en la clase política sobre cómo organizar un sistema republicano, representativo y federal. Sostienen que, en todo caso, lo sucedido en 1880 fue el triunfo de una postura sobre otras posibles.

La nueva historiografía permite ver cuánto tuvo de indeterminada la construcción efectiva del Estado. No da por sentado que todos coincidían en los contornos finales a los que se arribaría y que fracasaron por décadas en concretarlos por falta de capacidad o por prestar más atención a intereses personales, regionales o de su propio círculo. Esa conclusión lleva a descartar también la idea de que el sistema político adquirió sus rasgos modernos definitivos en 1880. Pero esa revisión actual de la historia canónica no tiene como objetivo concluir que el Estado se consolidó en otro momento, por ejemplo 1870 o 1890, sino cuestionar de manera más general la imagen que el roquismo construyó de sí mismo, que igualó la consolidación de su poder a la del Estado, y que luego historiadores y políticos, tanto roquistas como antirroquistas, tomaron por buena y transmitieron a la opinión pública.

En síntesis, tanto la federalización de la ciudad de Buenos Aires como la centralización en materia administrativa, fiscal y militar producida en 1880 no fueron el resultado de un progresivo e inexorable avance de la autoridad federal sobre las provincias, sino el producto de un fenómeno más contingente, asociado con la conformación y el triunfo del Partido Autonomista Nacional. De ahí que ese desenlace no clausuró los debates sobre el federalismo ni sobre la relación entre gobernantes y gobernados, que siguieron planteando importantes desafíos al gobierno nacional en las décadas siguientes —y no han desaparecido en la actualidad— y continuaron transformando las pautas de funcionamiento del Estado y su relación con la sociedad.

LECTURAS SUGERIDAS



ALONSO P, 2010, *Jardines secretos, legitimaciones públicas. El Partido Autonomista Nacional y la política argentina de fin del siglo XIX*, Edhasa, Buenos Aires.

BRAGONI B y MÍGUEZ E (eds.), 2010, *Un nuevo orden político. Provincias y Estado nacional* 1852-1880, Buenos Aires, Biblos.

CUCCHI L y ROMERO AL, 2017, 'Tensions between Congress and the Executive in 19th Century Argentina: Federal intervention and separation of powers', *Parliaments, Estates and Representation*, 37, 2: 193-205.

DE LA FUENTE A, 2006, Los hijos de Facundo. Caudillos y montoneras en la provincia de La Rioja durante el proceso de formación del Estado nacional argentino 1853-1870, Prometeo, Buenos Aires.

GERCHUNOFF P, ROCCHI F y ROSSI G, 2008, *Desorden y progreso. Las crisis económicas argentinas 1870-1905*, Edhasa, Buenos Aires.

LANTERI AL, 2013, 'Acerca del aprendizaje y la conformación político-institucional nacional. Una relectura de la Confederación argentina (1852-1862)', *Secuencia. Revista de historia y ciencias sociales*, 87: 69-94.

SABATO H, 2012, Historia de la Argentina 1852-1890, Siglo XXI, Buenos Aires.



Laura Cucchi

Doctora en historia, UBA. Investigadora asistente en el Instituto Ravignani, UBA-Conicet. Auxiliar docente, FFYL, UBA. Icucchi@filo.uba.ar

Marcelo Soria Facultad de Agronomía, UBA

Ciencia de datos Novedoso campo de conocimiento

ada hora, cada minuto, nuestra sociedad genera cantidades gigantescas de datos, a velocidad creciente. Una breve visita a http://www.internetlivestats.com/basta para comprobarlo. Se estima que en los dos últimos años se crearon el 90% de todos los datos que produjo la humanidad en su historia. Si reflexionamos sobre lo que hacemos en un día típico, podemos reconocer rápidamente nuestra contribución a la acumulación global de datos: uso de tarjetas para transporte público, paso por puestos de peajes, datos de geolocalización que captura nuestro teléfono celular, imágenes frente a cámaras de seguridad, uso de tarjetas de débito y crédito, correos electrónicos enviados y recibidos, por citar algunos.

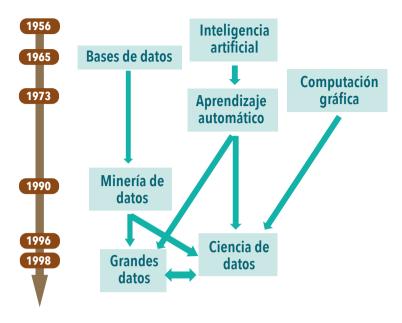
Cada fuente de datos crea desafíos distintos para quien busca aprovecharlos. No es lo mismo extraer información de una transacción comercial que de una secuencia de video o de una conversación. Sin embargo, hay ciertas características de la captura, el análisis y la interpretación de los datos que son comunes a diferentes dominios. El propósito de este artículo es presentar un campo de conocimiento relativamente nuevo, la ciencia de datos, que tiene como objeto estudiar y desarrollar procesos de captura de datos, metodologías para su análisis, su modelado y su comunicación. En otras palabras, la ciencia de datos recorre el camino que comienza con la obtención de los datos, sigue por su análisis e integración para generar información y, finalmente, crea conocimiento.

Un poco de historia y unas cuantas definiciones

Antes de avanzar, entendamos mejor la abundancia de términos que cubre este campo, y que se resumen en el gráfico. Por un lado, tenemos la minería de datos, o data mining. Este es uno de los términos más antiguos y se re-

– ¿DE QUÉ SE TRATA? ———

La generación de volúmenes crecientes de datos plantea un enorme desafío, no solo para su manejo, sino también para extraer nuevo conocimiento a partir de ellos.



Una breve historia de la ciencia de datos. Las cajas muestran las principales fuentes de la ciencia de datos. Sus posiciones con respecto al eje de la izquierda indican las primeras referencias. La computación gráfica continuó un camino independiente, pero es el antecedente de las técnicas actuales de manejo de imágenes. No se muestra la estadística, a la que habría que ubicar en el siglo XVII o, en su versión más moderna, aproximadamente en 1930.

fiere a una serie de técnicas que se idearon mayormente a fines de la década de 1980. Para ese tiempo el uso de bases de datos dedicados a la gestión de los negocios ya se había generalizado y varios investigadores reconocieron que dentro del universo de datos que se registraban de manera rutinaria existía información nueva y de alto valor potencial.

Las técnicas iniciales de la minería de datos provenían de la estadística tradicional y de un área de la inteligencia artificial llamada aprendizaje automático, de la que hablaremos más adelante. El objetivo primario de estas técnicas era facilitar el descubrimiento de patrones ocultos en los datos. Por ejemplo, identificar la compra frecuente de grupos de productos que no guardan una relación obvia entre sí, y que permitiría diseñar operaciones novedosas de promoción.

Otro término de uso muy extendido actualmente, pero con un origen aún más antiguo, es la inteligencia artificial. Durante la década de 1950 los pioneros de la ciencia de la computación imaginaron que debería ser posible enseñarle a una máquina a resolver problemas de forma genérica. Es decir, sin tener que especificar cada paso de la resolución de un problema y sus posibles ramificaciones, como hace la programación tradicional de computadoras. La primera ola de la inteligencia artificial no logró materializar sus promesas y durante algunas décadas pasó de moda.

Pero, gracias a los avances en software y hardware, desde hace unos años vivimos un renacimiento de la inteligencia artificial que está acompañado por un número creciente de productos y servicios. Usamos algunos, sin saberlo, desde nuestros celulares. Asociado a este fenómeno, el nombre inteligencia artificial se extiende a aplicaciones que no son más que programas, sin duda complejos, pero que se construyen siguiendo los principios tradicionales de la programación de computadoras.

A pesar de los años de relativo olvido que siguieron a la primera ola de la inteligencia artificial, esto no significó un fracaso absoluto. Hubo una rama derivada que sí fue exitosa y sobrevivió al paso del tiempo: el aprendizaje automático o machine learning. Nuevamente, un término que hoy se menciona con frecuencia, pero que nació hace casi cincuenta años. El éxito del aprendizaje automático se debió a que se centró en una serie más acotada de problemas para los cuales, frecuentemente, la estadística tradicional no encontraba soluciones satisfactorias. A diferencia de otras metodologías de análisis, muchas operaciones de aprendizaje automático comienzan con una fase de entrenamiento.

Supongamos, por ejemplo, un banco que desarrolla una aplicación para predecir si un cliente pagará un crédito o no lo hará. En primer lugar, durante la fase de entrenamiento se le presentarán al software casos ante-

Evolución del hardware para procesamiento de datos. Consola de la UNIVAC I (1951), primera computadora comercial de la historia (izquierda); un centro moderno de datos: servidores de la fundación Wikimedia (derecha).





riores de clientes que cumplieron e incumplieron sus obligaciones, además de datos asociados que abarcan la historia previa de interacciones del cliente con el banco. En esta etapa el clasificador aprende cuáles son las características que diferencian a un cliente cumplidor de uno no cumplidor. Luego continúa una fase de validación, en la que se verifica la calidad del aprendizaje con datos que no se usaron durante el entrenamiento. Si esta etapa produce resultados satisfactorios, el software de clasificación ya está listo para entrar en operación. Esto quiere decir que podrá determinar la probabilidad de que un cliente, cuyo perfil no va a coincidir necesariamente con ninguno de los casos de entrenamiento, pague el crédito que contrató.

Un aspecto importante de estos sistemas es la calidad de los datos de entrenamiento. Vale aquí citar ejemplos que aclararán esta afirmación. Se descubrió que sistemas avanzados de reconocimiento de rostros presentaban errores basados en género o en color de piel. Por ejemplo, reconocían mejor a hombres que a mujeres. En parte esto se debía a una selección sesgada de los datos de entrenamiento, que incluía muchas más imágenes de rostros masculinos que femeninos.

Finalmente, en esta jungla de términos, aparece el último llegado, los grandes datos o big data, que parece destinado a una vida más corta porque ya está entrando en una gradual extinción. Pero antes de entender las causas de este fenómeno, ¿qué son los grandes datos? Al inicio del presente milenio ocurrió una explosión en la diversidad de los datos y la velocidad con que se generaban. De esta manera ingresamos en una nueva era en la que una multitud de acciones, eventos y procesos se pudieron considerar datos susceptibles de ser convertidos en conocimiento: registros numéricos, texto, imágenes, video, audio, lenguaje hablado, datos geolocalizados, etcétera.

Este aumento en los volúmenes, las velocidades y la diversidad de los datos planteó demandas muy exigentes al software y al hardware. Para resolver estos cuellos de botella se trabajó en simultáneo para mejorar los dos componentes. Sin embargo, en la práctica se trataban caso por caso, lo cual no contribuía a desarrollar soluciones más genéricas que sirvieran para diferentes problemas. Afortunadamente esta situación cambió gracias al desarrollo de clusters de computadoras más potentes. Estas consisten en conjuntos de computadoras de costo individual relativamente bajo que trabajan en forma coordinada y que se pueden usar localmente, o por proveedores de computación en la nube, lo cual reduce aún más su costo.

Si meditamos un momento sobre el problema planteado al inicio de este apartado, reconoceremos que, tanto en sentido histórico como tecnológico, aquello que hoy calificaríamos como 'pequeños datos' fueron grandes datos hace veinte años, y problemas intratables hace cuarenta. Y, de la misma manera, nuestros grandes datos posiblemente provocarán sonrisas de aquí a cuarenta años.

Entonces, ¿qué es la ciencia de datos? ¿Qué se espera de los científicos de datos?

Partiendo de una mínima comprensión de los términos principales del campo, y de los objetivos que tiene la ciencia de datos, centrémonos en analizar la esencia que distingue este campo de conocimiento de otros. Entre las similitudes, comparte métodos generales con otras áreas del conocimiento que usan los datos como materia prima para construir modelos predictivos y mejorar nues-

PRIMEROS PASOS

A aquellos lectores ajenos a este campo, pero curiosos y con ganas de iniciar sus primeras aventuras en el análisis de datos, los invitamos a revisar en Google Trends (https://trends.google.com/trends/) la frecuencia con que se buscaron en la web los diferentes términos a los que nos referimos anteriormente. En el panel superior, en la caja etiquetada Explore topics ingresemos Big data, en la lista de categorías que se despliega elijamos search term y, después de que aparezca el gráfico, extendamos la búsqueda a los últimos cinco años. Luego. en Compare podemos agregar Machine learning (search term), como término de búsqueda adicional. Allí podremos ver cómo van creciendo sostenidamente las

búsquedas asociadas a aprendizaje automático, mientras que aquellas referidas a grandes datos se estabilizan. Si bien tal herramienta no permite determinar la confiabilidad de estos resultados, ni hacer predicciones, dos requerimientos típicos y casi siempre presentes en un proyecto de datos, sí nos permite explorar de manera rápida y en forma visual algo que también suele ser una demanda en los proyectos de ciencia de datos. A propósito de esto, cinotaron los lectores las súbitas caídas en la frecuencia de búsquedas para big data a fines de diciembre de cada año? ¿Qué tipo de búsquedas serán responsables de estas anomalías? (consejo: revisar la lista etiquetada *All categories*).

tra comprensión de la realidad. Y lo hace de una manera más bien transversal; esto es, muchos de sus métodos se aplican a problemas muy diversos con mínimos ajustes.

La ciencia de datos tiene tres componentes o soportes principales. Estos son la estadística, el aprendizaje automático y la visualización de la información. En la medida en que la disciplina se expande a diferentes áreas y las tareas son más especializadas, es posible que cada profesional requiera habilidades más desarrolladas de un tipo que de otro; sin embargo, todo científico de datos debe contar con un nivel de conocimiento suficiente e integrado de los tres.

La visualización de datos, que no habíamos mencionado hasta ahora, se erige como el tercer pilar porque cuando los datos y los modelos son complejos, es dificil comunicarlos. Por supuesto que existen formalismos matemáticos para hacer descripciones precisas y compactas, pero su utilidad queda restringida a un grupo relativamente pequeño de profesionales. Es necesario, por lo tanto, usar gráficos o animaciones, que además pueden ser interactivas.

Esta última consideración nos lleva a considerar el ambiente en que trabajan los científicos de datos. La mayor demanda de empleo proviene del sector privado, y lo más frecuente es que el equipo de ciencia de datos trabaje en colaboración con profesionales de otras disciplinas, en proyectos que pertenecen a un dominio particular con un lenguaje, formas de trabajo, plazos y requerimientos legales propios. Esto significa que un desarrollo sólido en las áreas científicas consignadas antes no es suficiente. Aquí nos resultará útil aplicar los conceptos de habilidades blandas y duras que utilizan los profesionales de las áreas de recursos humanos. Las habilidades duras son las que analizamos antes: estadística, aprendizaje automático y visualización de la información, y normalmente se adquieren dentro de un esquema formal de educación. Las habilidades blandas son

aquellas que dependen en menor proporción de la educación formal, y más de características, experiencias y desarrollo personales.

Mencionaremos tres habilidades blandas con las que debe contar cualquier aspirante a científico de datos. La primera ya se comentó y es la capacidad de trabajar en equipos heterogéneos. En segundo término, habíamos incluido el desarrollo de visualizaciones entre las habilidades duras. Este requisito se puede extender a la capacidad de comunicación en general, y constituye la segunda habilidad blanda. Esto se debe a que, además de la capacidad de entender el lenguaje específico y los intereses del domino en que se trabaja, muchas de las actividades y los hallazgos deben comunicarse a audiencias más amplias y en situaciones que influirán, por ejemplo, en el diseño de políticas públicas o en la toma de decisiones de un negocio. La tercera habilidad blanda es la curiosidad, que facilita entender e interesarse por las novedades que ocurren en el dominio de trabajo y en la ciencia de datos en general. La curiosidad es esencial para mantenerse actualizado.

La dinámica de los fundamentos teóricos y prácticos de la ciencia de datos pasa por una situación comparable al movimiento de placas tectónicas. Las técnicas y herramientas que hasta hace muy poco tiempo se consideraban exitosas y prácticamente definitivas, fueron reemplazadas por otras más precisas o rápidas. Por supuesto, lo mismo sucederá con las que estamos utilizando ahora.

Aquellos que participamos en proyectos de formación profesional nos encontramos frente al desafío de mantener el equilibrio entre la enseñanza de los métodos actuales que necesitan los graduados, y la formación más abstracta que sirva de impulso para recorrer la actividad profesional como una carrera de formación continua. Y sumamos a esto acompañar el desarrollo de las habilidades blandas. Cada vez es más frecuente que profesionales provenientes de ambientes científico-académicos tradicionales se incorporan a la ciencia de da-

tos. Un reclamo que este autor ha escuchado más de una vez en el ambiente local, y que también está discutido en la literatura internacional, se refiere a

las deficiencias de estos pro-

fesionales en alguna de las habilidades blandas presentadas, mucho más que a carencias en estadística, matemática o informática.



Visualización de datos en distintos soportes.

¿Cuánta ciencia y cuántos datos?

Supongamos una situación hipotética, pero cercana a la realidad. Un centro de diagnósticos médicos de alta complejidad puede realizar un estudio que requiere tomar imágenes de alta resolución de un órgano durante diez minutos con intervalos de fracción de segundo. Es un estudio costoso y las obras sociales y empresas de medicina prepaga lo autorizan solo si se justifica su necesidad. Cada estudio individual genera una cantidad de datos muy grande que podría resultar útil para otros usos. Entusiasmado con esta idea, el responsable científico del centro decide crear un servicio de acceso remoto a los últimos diez años de registros anonimizados mediante una herramienta que permitirá revisar estudios, compararlos, ensamblar las imágenes como secuencias de video y hacer varios cálculos sobre estas observaciones. Si atendemos al volumen de datos y a la velocidad con que se deberán procesar, indudablemente estamos frente a un proyecto de grandes datos, o big data.

El proyecto requerirá un grupo de profesionales bien preparados para desplegar toda la infraestructura necesaria. Pero una científica de datos, amiga del director técnico, pregunta: '; Y los pacientes sanos? ; Contra qué control se van a comparar los datos?'. Y agrega: 'Si la herramienta se va a restringir a estudiar diferentes categorías de pacientes, ¿existe suficiente información clínica asociada con cada uno de ellos?'. Posiblemente no exista, porque los pacientes llegan derivados por diferentes médicos que acompañan sus pedidos con descripciones más bien escuetas, que no siguen un formato uniforme y tal vez son de carácter presuntivo. Es decir, no siempre los grandes volúmenes de datos se traducen en grandes volúmenes de información. Aun más, la gran cantidad de datos puede crear una sensación de certeza que esconde detrás un riesgo enorme de producir información sesgada.

Síntesis y perspectivas

La ciencia de datos es una actividad con raíces profundas en diversas ciencias. Su nacimiento es reciente pero, gracias a su crecimiento espectacular, ya se encuentra bien establecida entre nosotros. No es posible tratar en la extensión de este artículo el papel crucial que juega la privacidad de los datos, pero tampoco es posible cerrarlo sin una mención.

La comodidad de tener en nuestros teléfonos móviles guías para evitar embotellamientos de tránsito, o la posibilidad de armar un menú de noticias personalizado o de reencontrar amigos de la infancia, puede justificar ceder datos, y algo de nuestra privacidad. Mientras no exista un delito en la captura y el uso de datos, la calibración de cuánto ceder y cuánto no dependerá de cada uno. Pero muchas veces es difícil saber qué estamos compartiendo. Al mismo tiempo, no debe considerarse toda captura de datos como un potencial riesgo, porque esto podría llevarnos a perder enormes oportunidades. Por ejemplo, el conjunto de las historias clínicas electrónicas, debidamente anonimizadas y reguladas, es un cofre del tesoro donde podría estar oculto el conocimiento para tratar muchas enfermedades.

Como ha sucedido a lo largo de la historia con otras ciencias y tecnologías disruptivas, existen al mismo tiempo temores y grandes promesas. Es difícil hacer predicciones precisas sobre qué nos traerá la ciencia de datos en cinco o diez años. Lo que sí sabemos es que la cantidad de datos que producimos continuará en aumento en todos los frentes: datos personales, datos multimedia, actividad en redes sociales y sensores de todo tipo y tamaño, en nuestro planeta y en el espacio exterior. La necesidad de poder manejar esos volúmenes de datos y el desafío de extraer nuevo conocimiento útil de ellos nos augura un futuro excitante.

LECTURAS SUGERIDAS



JAMES G, WITTEN D, HASTIET & TIBSHIRANI R, 2009, 'An introduction to Statistical Learning', *Springer*, accessible *http://www-bcf.usc.edu/~qareth/ISL/*.

LESKOVEC J, RAJARAMAN A y ULLMAN J, 2014, *Mining of massive datasets*, Cambridge University Press, accessible en *http://www.mmds.org/*.

http://datamining.dc.uba.ar/predictivos/.

https://www.oreilly.com/topics/data-science

http://tupac.conicet.gov.ar/stories/home/.



Marcelo Soria

Doctor en ciencias biológicas, UBA. Profesor adjunto, Facultad de Agronomía, UBA. Director de la Maestría en Explotación de Datos y Descubrimiento de Conocimiento, FCEN y FI, UBA. soria@agro.uba.ar

María Jimena Trotteyn

Centro de Investigaciones de la Geósfera y la Biósfera (CIGEOBIO), Universidad Nacional de San Juan-Conicet

Ariana Paulina-Carabajal

Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA), Universidad Nacional del Comahue-Conicet

Paleoneurología

a paleoneurología es la rama de la paleontología que estudia el cerebro y otras partes del sistema nervioso central de animales de especies extinguidas. Como esos órganos blandos se degradan luego de la muerte del animal, solo se los puede estudiar a partir de los huesos del cráneo, en particular, los que forman la caja craneana, un recinto cuya función es contener y dar protección al cerebro y a los órganos de los sentidos de los animales. El espacio interior de la caja craneana, llamado cavidad craneana, resulta así un indicador relativamente preciso -dependiendo del tipo de animal- de la forma y las dimensiones de los órganos en cuestión, mientras que las paredes interiores de la caja craneana proporcionan información sobre la superficie de los mencionados órganos. La paleoneurología actual tiene una larga historia, que se remonta al siglo XIX, pero tuvo un auge reciente gracias a la aplicación de técnicas novedosas, como la tomografía computada de rayos X.

La caja craneana está formada por numerosos huesos que los anatomistas distinguen con nombres como occipital, esfenoides, ótico y otros, los cuales tienen perforaciones por las que entran o salen nervios y vasos sanguíneos. Esos orificios, que se aprecian en los fósiles, suelen resultar identificados con relativa facilidad por comparación con animales actuales emparentados con los extinguidos.

Dado que sus objetos de estudio desaparecieron, para llevar a cabo sus investigaciones la paleoneurología se vale de modelos o moldes de ellos, creados naturalmente o por el investigador partiendo de la cavidad craneana. Dichos moldes permiten determinar qué regiones del cerebro estaban más desarrolladas y así inferir cuáles sentidos (vista, olfato u oído) eran más importantes para la supervivencia del animal.

Los moldes naturales resultan del relleno de la cavidad craneana con sedimentos que toman su forma y con el tiempo se endurecen. Esos moldes quedan ex-

– ¿DE QUÉ SE TRATA? —

¿Cómo era el cerebro de los animales de especies extinguidas? ¿Cómo logran los paleoneurólogos descubrirlo?





Izquierda. Cráneo fosilizado de un mamífero extinguido de la especie *Protypotherium australe* encontrado en Santa Cruz; mide unos 6cm. **Derecha.** Molde natural del cráneo de un ungulado extinguido de especie indeterminada también procedente de Santa Cruz; mide unos 12cm de largo. Se estima que ambas especies de mamíferos vivieron en el Mioceno, época que se extendió entre unos 23 y unos 5 millones de años antes de presente, es decir, cuando ya se habían extinguido los dinosaurios. Las autoras agradecen las fotografías a la investigadora María Teresa Dozo, del CENPAT, Puerto Madryn.

puestos si, por causas como erosión o fractura, desaparece el hueso que los rodea. Sin embargo, son muy poco frecuentes, debido, entre otras razones, a que las cabezas de muchos vertebrados fósiles no se han preservado.

En consecuencia, los paleontólogos generan moldes artificiales, principalmente de látex. Para hacerlo, depositan dicho material en estado líquido en varias capas sobre las paredes interiores de la caja craneana, esperan que se seque, lo desprenden de esas paredes y, como es flexible, pueden plegarlo y extraerlo por algún orificio, por ejemplo, por el que da salida a la médula espinal, llamado foramen magno. La superficie de látex que estuvo en contacto con las caras interiores de la caja craneana reproduce fielmente los detalles y las irregularidades de esas caras, un reflejo a su vez de la superficie externa del cerebro y los demás órganos del encéfalo.

Además de moldes de este tipo, que podríamos llamar analógicos, los paleontólogos tienen hoy la posibilidad de recurrir a moldes digitales, generados por tomografía computada de rayos X. Obtienen así imágenes en tres dimensiones generadas a partir de cientos de radiografías de rayos X que conforman una secuencia de cortes o secciones bidimensionales de la caja craneana. Cuanto mayores sean el número de secciones y la definición de las imágenes, mayor será la probabili-

dad de obtener buenos resultados. Mediante programas de computación se integra la información de los cortes y se obtienen imágenes tridimensionales de las diversas estructuras del encéfalo. Los moldes de látex son objetos físicos; los digitales son dibujos que se ven en pantalla o se imprimen en papel. Pero con la información digital y una impresora 3D se puede tener en las manos un molde digital con características de objeto físico.

Un factor que condiciona los estudios paleoneurológicos, además de la escasez de cabezas fósiles y del mal estado de las que se encuentran, es que, aun si se da con una cabeza intacta, no es posible observar directamente sus partes internas sin cortarla y, por ende, destruir la pieza. Los museos que exhiben cráneos de dinosaurios herbívoros y carnívoros cortados por el medio de modo que se aprecie la cavidad craneana, como sucede en algunos de los Estados Unidos, lo pudieron hacer porque se trata de especies de las cuales se excavaron numerosos ejemplares, de suerte que no se perdió información por cortar alguno.

Lo común, sin embargo, es que cada cráneo preservado de un animal perteneciente a una especie fósil, como los dinosaurios, sea un ejemplar único, lo que excluye estudiarlo por métodos que lo dañen y obliga a recurrir a los modelos descriptos.

Molde de látex del encéfalo de un *Giga*notosaurus carolinii realizado por la autora Paulina-Carabajal. La barra que da la escala mide 10cm.



A partir de estos, el paleontólogo busca pistas o claves que ayuden a confirmar a qué especie perteneció el animal y a descubrir, entre otras cosas, qué son las estructuras que discierne en el molde y cómo se comparan con las de otras especies, y cuáles fueron las capacidades sensoriales del animal cuando estaba vivo. En otras palabras, procura determinar cómo veía, oía o se movía, qué inteligencia tenía y cómo se reflejaba esto en su modo de vida y su relación con el hábitat.

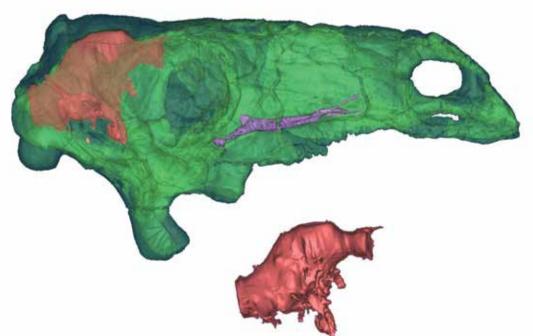
Para llegar a hipótesis sobre los últimos interrogantes, se precisa mucha y muy variada información, desde la anatomía ósea y muscular de distintos grupos de animales, la taxonomía y la filogenia, hasta la paleobotánica y la paleoclimatología. Por ello, es mejor realizar este tipo de estudios reuniendo equipos interdisciplinarios que puedan, entre otros aspectos, considerar la dieta del animal y su modo de alimentación, la forma y complejidad de movimientos de su cabeza, su postura y su estilo de desplazamiento. Con todo, reconstruir el modo de vida de un animal de una especie extinguida no es fácil: es como armar un rompecabezas del cual se ha perdido el 80% de las piezas.

Sentidos e inteligencia

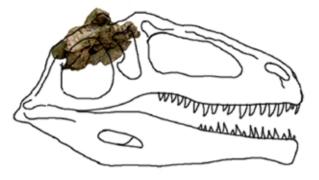
La interpretación de cómo eran los sentidos de los animales de especies fósiles, particularmente la vista, el olfato y el oído, se realiza por comparación con animales actuales, partiendo de la morfología de ciertas estructuras cerebrales y del oído interno. Por ejemplo, en especies vivientes como los cocodrilos es posible calcular el rango auditivo midiendo una región del oído interno encargada de percibir sonidos, la lagena. Si en un cocodrilo actual esa estructura anatómica tiene un largo aproximadamente igual al que exhibe el fósil de un dinosaurio, se puede suponer que este último habría tenido una capacidad auditiva y captado un rango de frecuencias sonoras similares a las de un cocodrilo.

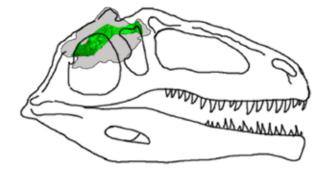
Por su parte, el tamaño de los bulbos olfatorios es un indicador de la capacidad olfativa, mientras que el tamaño de los lóbulos ópticos lo es de la capacidad visual. También, los canales semicirculares del oído interno se relacionan con el sentido del equilibrio y de balance del cuerpo, por lo que su tamaño constituye un indicador de la amplitud y complejidad de los movimientos que puede realizar la cabeza. Si bien en la mayoría de los casos no es posible cuantificar los sentidos, se puede estimar cuáles fueron más importantes para la supervivencia del animal.

Uno de los primeros análisis que se suele realizar sobre la base de un molde endocraneano es el de la inteligencia del animal. Para ello se calcula el índice de encefalización, que relaciona el volumen del cerebro con el tamaño corporal y permite comparar animales de diferentes tamaños. Tomemos, por ejemplo, dos de los más grandes dinosaurios carnívoros de los que se tiene noticias, uno encontrado en Sudamérica y otro en Norteamérica. El primero, Giganotosaurus carolinii, tiene un largo de unos 13m, una masa corporal que ronda los 7000kg y un volumen craneano de alrededor de 300cm³. El otro, Tyrannosaurus rex, en cambio, tiene aproximadamente el mismo tamaño corporal pero un volumen encefálico más cercano a los 400cm³, lo cual sugiere que era un poco más inteligente y probablemente un poco más ágil. Una gallina, sin embargo, tiene un índice de encefalización mucho



Reconstrucción digital realizada sobre la base de tomografías computadas de un cráneo fósil descubierto en 1992 en Texas. Perteneció a un dinosaurio de la especie Pawpawsaurus campbelli, que vivió durante el período cretácico (entre hace unos 145 y 66Ma). El cráneo (en verde) mide unos 35cm y el cerebro (en rojo), que se muestra en su posición en el cráneo y aislado con más claridad, unos 9cm. La figura morada en el cráneo corresponde al canal alveolar dorsal, por el que pasan la rama maxilar del nervio trigémino y la vena y la arteria maxilares.





Izquierda. La caja craneana en su posición natural en el cráneo del dinosaurio Giganotosaurus carolinii. Derecha. El encéfalo en su posición natural dentro de la caja craneana del mismo dinosaurio.

más alto que ambos, a pesar de tener un encéfalo de volumen muchísimo menor. En otras palabras, para tener la inteligencia de una gallina, según este hipotético análisis, Giganotosaurus carolinii y Tyrannosaurus rex hubiesen necesitado un cerebro mucho más grande.

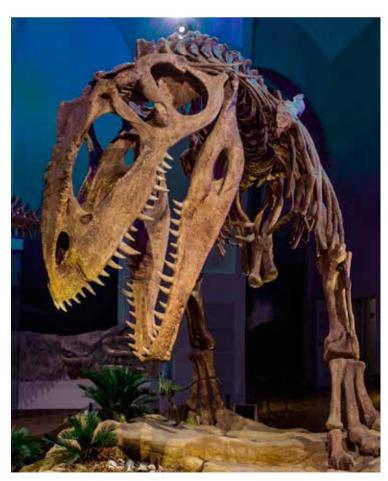
Estudio paleoneurológico de un gigante patagónico

Giganotosaurus carolinii es el nombre dado por los paleontólogos Rodolfo Coria y Leonardo Salgado a un dinosaurio hallado en 1993 en las cercanías del dique del Chocón, en Neuquén. Se estima que vivió hace unos 98 millones de años, a comienzos del Cretácico superior. Fue uno de los más grandes carnívoros terrestres, comparable con el mencionado Tyrannosaurus rex, y pudo ser estudiado en bastante detalle porque se han hallado dos esqueletos, uno casi completo. Las autoras de este artículo aportaron una visión paleoneurológica a esos estudios.

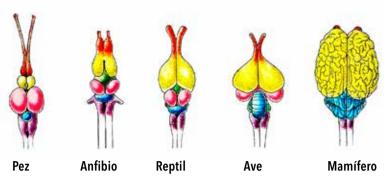
Los mencionados esqueletos, hoy conservados en el Museo Paleontológico Ernesto Bachmann, de la villa del Chocón, se hallaron desarticulados, con la caja craneana separada de las vértebras. Para la neurobiología esto resultó afortunado, ya que permitió recurrir a la tomografía, pues como el cráneo completo del animal mide aproximadamente 1,80m de largo, de haber estado articulado no habría cabido en ningún tomógrafo.

El primer paso para estudiar la paleoneurología del reptil fue vaciar la cavidad craneana del sedimento que la rellenaba, un trabajo muy delicado, que se hizo de forma manual. Luego se procedió a confeccionar un molde endocraneano de látex, formado por varias capas de dicho material depositado sobre el interior de la caja craneana con pincel. Una vez seco el látex, el molde flexible, despegado del hueso, se extrajo de la caja craneana por el foramen magno. Una vez fuera de la cabeza, el molde se rellenó con el mismo producto para convertirlo en una estructura sólida que durará unos diez años si se tienen los cuidados necesarios.

La descripción preliminar de la superficie del molde permitió conocer por primera vez la morfología del cerebro de un dinosaurio de este tipo encontrado en lo que hoy es Sudamérica, y compararla, por ejemplo, con el aproximadamente contemporáneo Carcharodontosaurus sa-



Reconstrucción del esqueleto de *Giganotosaurus carolinii* en el Museo de Historia Natural de Helsinki. Wikimedia Commons



El encéfalo en diferentes grupos de animales actuales. De arriba abajo: bermellón, lóbulo olfatorio; amarillo, cerebro; carmín, lóbulo óptico; turquesa, cerebelo; violáceo, bulbo raquídeo; blanco, médula espinal.

> haricus, un dinosaurio cuyos restos se hallaron en el norte de África.

> Para avanzar en el estudio se realizó luego una tomografía del cráneo de Giganotosaurus en una clínica de la ciudad de Neuquén. Con esas imágenes se pudo reconstruir digitalmente en tres dimensiones no solo lo que ya se conocía del encéfalo a partir del molde de látex sino, también, el oído interno y los nervios. Estos no habían aparecido en el látex porque los canales de los huesos de la caja craneana a través los cuales pasaban permanecían rellenos de sedimento.

> Reconstrucción digital y molde de látex son técnicas complementarias, ya que cada una tiene alguna ventaja sobre la otra. En el ejemplo que comentamos, la primera proporciona los mencionados detalles de los nervios y vasos sanguíneos, pero algunos moldes de látex pueden copiar pequeñas impresiones de vasos sanguíneos que no aparecen en las tomografías. Esos moldes pueden ser preferibles si se desea tener en las manos objetos en tres dimensiones en vez de los dibujos en perspectiva que son el resultado de las reconstrucciones digitales, si bien con las impresoras 3D se pueden obtener dichos objetos a partir de las tomografías. Otra ventaja de los procedimientos digitales es

la facilidad de la transmisión electrónica instantánea del resultado final completo a cualquier lugar del mundo.

Limitaciones de los moldes endocraneanos

El cerebro de los animales está rodeado en el cráneo por una serie de tejidos y vasos sanguíneos que lo nutren y protegen, entre ellos membranas como las meninges, en particular la duramadre, senos venosos, grasas, líquidos y otros tejidos. En algunos grupos, como las serpientes, las aves o los mamíferos, el cerebro rellena casi el 100% de la caja craneana y deja escaso espacio a los tejidos circundantes, de suerte que un molde endocraneano refleja la morfología encefálica casi con exactitud. Pero en la mayoría de los peces, anfibios y reptiles actuales esto no se cumple, ya que los tejidos circundantes adquieren considerable espesor y reducen el volumen de cavidad craneana ocupado por el cerebro entre 15% y 50%. Esto implica que en esos animales el molde endocraneano no es una copia exacta del cerebro.

Nuestro análisis de Giganotosaurus nos condujo a concluir que, justamente, tenía un cerebro que no rellenaba completamente el cráneo. Encontramos que sus hemisferios cerebrales estaban poco expandidos y sus lóbulos ópticos escasamente delimitados, por lo que no dejaron una impresión en las paredes de la caja craneana. En cambio, sus bulbos olfatorios aparecían relativamente grandes, lo que permite suponer que para el animal estudiado el olfato era probablemente el sentido más importante para la supervivencia, dado que le pudo haber dado la capacidad de detectar por el olor animales muertos a la distancia. Esto, sin embargo, no es prueba definitiva de que podría haber sido más carroñero que cazador, una hipótesis hoy en plena discusión.

LECTURAS SUGERIDAS



CORIA RA y SALGADO L, 1996, 'Dinosaurios carnívoros de Sudamérica', Investigación y Ciencia, 237: 39-40.

PAULINA-CARABAJAL A, 2015, 'Guía para el estudio de la neuroanatomía de dinosaurios Saurischia, con énfasis en Theropoda basales', en Fernández M y Herrera Y (eds.), Reptiles extintos. Volumen en homenaje a Zulma Gasparini, Asociación Paleontológica Argentina, accesible en http://www.peapaleontologica. org.ar/index.php/peapa/article/view/94.

PAULINA-CARABAJAL A e IGLESIAS A, 2016, 'Paleoneurología de uno de los dinosaurios más grandes del planeta', accesible en http://www.anbariloche. com.ar/noticias/2016/01/24/51592-paleoneurologia-de-uno-de-los-dinosaurioscarnivoros-mas-grandes-del-planeta.



María Jimena Trotteyn

Doctora en ciencias biológicas, Universidad Nacional de Cuyo. Investigadora adjunta en el CIGEOBIO, UNSJ-Conicet. Profesora adjunta, UNSJ.





Ariana Paulina-Carabajal

Doctora en ciencias naturales, UNLP. Investigadora adjunta en el INIBOMA, Universidad Nacional del Comahue-Conicet. a.paulinacarabajal@conicet.gov.ar



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.

