CIENCIA HOY

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy
Volumen 25 número 145 agosto - septiembre 2015
Ejemplar en la Argentina $60

Astronomía de horizonte

Obesidad infantil

Aves en los aeropuertos

ISSN 0327-1218
00145
9 770327 121009

Y-TEC
YPF TECNOLOGÍA
CONOCIMIENTO PARA EL DESARROLLO ENERGÉTICO
Info@ypftecnologia.com

CIENCIA HOY

Fundada en 1988

Propietario: ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

Director: Pablo Enrique Penchaszadeh

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

Sede: Av. Corrientes 2835, cuerpo A, 5º A (C1193AAA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel/fax: (011) 4961-1824 y 4962-1330
Correo electrónico: contacto@cienciahoy.org.ar
http://www.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
Instituto de Química Biológica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA-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

Ingrid de Jong
Instituto de Ciencias Antropológicas, UBA-Conicet

María Luz Endere
Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Conicet

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

Aníbal Gattone
UNSAM

José X Martini
Asociación Ciencia Hoy

Paulina E Nabel
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Conicet

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

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

Susana Villavicencio
Instituto de Investigaciones Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, UBA

Consejo científico

Coordinadora: Olga Dragún (Departamento de Física, CNEA)

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 (Instituto de Economía Energética, Fundación Bariloche), Eduardo Míguez (IEHS, UNCPBA), Felisa Molinas (Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, UBA), Marcelo Montserrat (Academia Nacional de Ciencias), José Luis Moreno (Universidad Nacional de Luján), Jacques Parraud (UVT, INTA), Alberto Pignotti (FUDETEC), Gustavo Politis (Departamento Científico de Arqueología, FCNYM, UNLP), Eduardo H Rapoport (Laboratorio Ecotono, Universidad Nacional del Comahue), Fidel Schaposnik (Departamento de Física, UNLP)

Secretaría del comité editorial: Paula Blanco

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

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

Corresponsal en Río de Janeiro
Revista Ciência Hoje
Av. Venceslau Brás 71, fundos, casa 27, CEP 22290-140, Río de Janeiro - RJ - Brasil
Teléfono: (55) 21-295-4846
Fax: (55) 21-541-5342
Correo electrónico: cienciahoje@cienciahoje.org.br

Suscripciones
ARGENTINA: 6 números, $ 400 (incluye envío)
EXTRANJERO: 6 números, US$ 40 + envío

Costo de envío
PAÍSES LIMÍTROFES DE LA ARGENTINA: US$ 33
RESTO DE AMÉRICA: US$ 54
RESTO DEL MUNDO: US$ 60
(American Express - Visa)

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: 5245141

Diseño y realización editorial
Estudio Massolo
Callao 132, E.P. (C1022AAO)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel/fax: (011) 4372-0117
Correo electrónico: estudiomassolo@fibertel.com.ar

Corrección
Mónica Urrestarazu

Impresión
FP Compañía Impresora
Antonio Beruti 1560
(1604) Florida Oeste, 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), Carlos Abeledo (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).

MECENAZGO CULTURAL
Buenos Aires Ciudad

Ciencia Hoy agradece los apoyos recibidos —en especial el del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y del Conicet— para la publicación de la revista. Esta se produce merced al esfuerzo desinteresado de autores y editores, ninguno de los cuales recibe —ni ha recibido en toda nuestra historia— remuneración económica. Fundada en 1988.

www.facebook.com/RevistaCienciaHoy

Sumario

Agosto – septiembre 2015
Volumen 25 - número 145

HACE 25 AÑOS EN CIENCIA HOY

4 Volumen 1 - número 6
Febrero - marzo 1990

EDITORIAL

6 Tiempo de elecciones

8 CARTAS DE LECTORES

10 GRAGEAS

ARTÍCULO

17 Aves en los aeropuertos

Germán Marateo, Pablo Grilli, Marcos Juárez y Vanina Ferretti

Muchas especies de aves suelen encontrar un hábitat adecuado, temporario o permanente, en los aeropuertos o sus proximidades. Su presencia allí en grandes números –y aun la de pocos individuos de gran tamaño– crea el riesgo de colisiones con aviones en vuelo en los momentos de despegue o aterrizaje, precisamente cuando el peligro de sufrir un accidente serio es mayor. No hay receta infalible para eliminarlas, como no lo hay para librarnos del todo de las palomas que ensucian nuestros balcones. Pero hay múltiples métodos, algunos basados en estudios científicos sobre la fisiología y la conducta animales, que permiten controlar la situación y, aplicados junto con normas de operación de aviones y aeropuertos, disminuir los riesgos a niveles aceptables.

ARTÍCULO

25 Larvas y metamorfosis
Cambios de forma durante el desarrollo animal

Eduardo Spivak

El término desarrollo aplicado por los biólogos a los animales tiene un significado preciso: es el proceso por el que pasan de ser una única célula, el cigoto, a los cientos, miles o millones de células que forman un organismo adulto. Mamíferos, aves, reptiles, muchos artrópodos y otros grupos de invertebrados transitan gradualmente de un estadio al otro. Pero los integrantes de la mayoría de las especies animales comienzan su vida como larvas y experimentan cambios drásticos, llamados *metamorfosis*, antes de adquirir las características de los adultos.

ESPACIO INSTITUCIONAL

32 CONICET dialoga

ARTÍCULO

37 Contaminación costera y masculinización de caracoles marinos

Gregorio Bigatti, Andrés Averbuj, Mónica A Primost, Sebastián Giulianelli y Pablo E Penchaszadeh

Para prevenir la adhesión de organismos al casco de las embarcaciones y a estructuras sumergidas, se utilizan pinturas antiincrustantes que contienen compuestos sintéticos tóxicos, el más efectivo de los cuales, desde la década de 1970, es tributil estaño o TBT. Este no existe en forma natural: fue creado y producido por la investigación y la industria química. Entre sus efectos no deseados está la masculinización de hembras de caracoles marinos, o *imposex*, por el que estas, sin cambiar de sexo, pues continúan generando gametas viables en sus ovarios, desarrollan externamente un pene.

CIENCIA Y SOCIEDAD

43 Obesidad infantil

Irina Kovalskys

El sobrepeso y la obesidad han aumentado de forma epidémica en la mayoría de las sociedades humanas en el último medio siglo y, donde lo han hecho, afectaron a prácticamente todos los grupos sociales, sin distinción de edad o sexo. Unos 3,4 millones de adultos mueren cada año en el mundo como resultado de esas condiciones, y en la Argentina una de cada dos mujeres en edad fértil tiene sobrepeso u obesidad, lo mismo que uno de cada tres niños a los diez años. En estos últimos, el trastorno tiene consecuencias que los pueden afectar por toda la vida.

ARTÍCULO

48 Del jardín de las Hespérides a una bebida nacional

Emilio Lizarraga

La conocida Hesperidina, una bebida alcohólica creada en Buenos Aires por el inmigrante norteamericano Melville S Bagley a comienzos de la década de 1860, es un aperitivo con ligero sabor dulce que se obtiene por maceración de cáscaras de naranjas amargas. Su lanzamiento fue la primera operación de marketing moderno que presenció la ciudad y el producto terminó inscripto con el número 1 en el Registro de Patentes y Marcas, que opera desde 1876. La bebida tuvo amplia aceptación por la sociedad argentina, quizá por los efectos medicinales que le atribuyó Bagley en su publicidad. Hoy se sabe, sin embargo, que ciertas sustancias encontradas en la cáscara de las naranjas amargas llamadas flavonoides –y en particular una que lleva justamente el nombre de hesperidina– tienen, en efecto, propiedades beneficiosas para la salud.

CIENCIA Y SOCIEDAD

55 **Astronomía de horizonte**

Las trece torres de Chanquillo

Alejandro Gangui

La astronomía de horizonte es una forma tradicional de observación que registra el movimiento cíclico de los cuerpos celestes y la intersección de su trayectoria con el horizonte visible. Cronistas de la conquista del Perú en el siglo XVI, como el Inca Garcilaso de la Vega, hablaron de los pilares del Sol de Cuzco, hoy desaparecidos, que para arqueólogos e historiadores actuales habrían sido cuidadosamente colocados donde estaban con el propósito de definir un calendario solar. Muchos siglos antes, los pobladores de la costa del Pacífico del actual Perú habían establecido en Chanquillo, unos 300km al norte de Lima, un observatorio solar que posiblemente cumplió el mismo propósito, y quizá también haya sido parte de un culto solar.

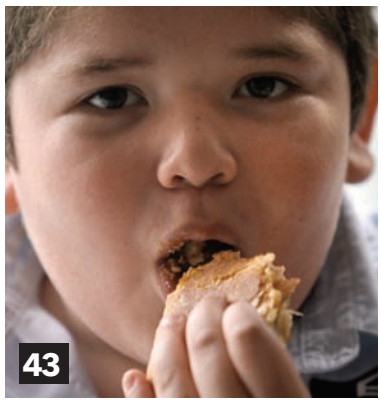
ARTÍCULO

60 **Cáncer de mama**

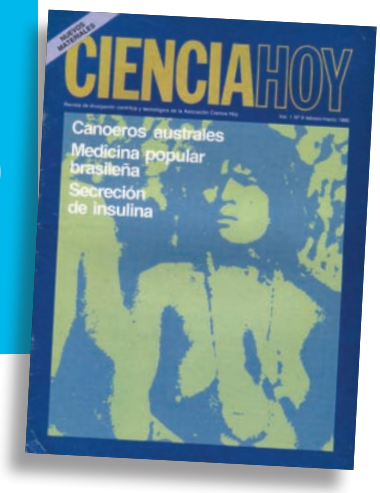
Novedades de un viejo enemigo

Rocío Sampayo y Andrés Martín Toscani

Se habla de cáncer cuando se produce en algún lugar del organismo una multiplicación anormal y descontrolada de células. En los tejidos sanos, las células se multiplican (y mueren) de manera controlada por la acción de diversos mecanismos bioquímicos. Las células de los tejidos cancerosos, en cambio, logran eludir la acción de esos mecanismos. En las mamas, los procesos de multiplicación celular se producen por la acción de las hormonas prolactina, progesterona y estrógeno. Una droga descubierta en la década de 1960, el tamoxifeno, bloquea la acción del estrógeno y, por ende, la multiplicación de las células cancerosas. Pero no en todos los tumores.



HACE 25 AÑOS en CIENCIA HOY



DE LA VIDA, EL TIEMPO Y LA MUERTE

EDUARDO H FLICHMAN

El psicoanálisis y la física biológica, especialidades respectivas de Fanny Blanck-Cereijido y Marcelino Cereijido, se conjugan para ofrecer un enfoque multidisciplinario de temas tales como la vida, la mente, la realidad, el envejecimiento y la muerte, enhebrados por la noción de tiempo. El resultado es un libro fascinante: *La vida, el tiempo y la muerte*.

INTRANQUILIDAD DEL SOL

JOSE M GULICH - ANA M HERNÁNDEZ - MARCOS E MACHADO

En su mayor parte, las "tormentas espaciales" están ligadas a fenómenos de origen magnético en el Sol, en especial a las llamadas fulguraciones. Estas podrán ser estudiadas en detalle durante el próximo máximo de actividad solar, entre 1991 y 1994.

Muchos de los interrogantes planteados por la física solar hasta principios de la década de 1990 pudieron comenzar a dilucidarse gracias a las observaciones de instrumentos llevados a bordo de misiones espaciales como Yohkoh, SOHO, TRACE y más recientemente Hinode, SDO y STEREO. Los mecanismos físicos responsables de fenómenos como fulguraciones y eyecciones coronales de masa, y su interacción con el medio terrestre, pudieron analizarse con un nivel de resolución espacial y temporal no imaginados algunos años antes. Como ocurre normalmente en la ciencia, la respuesta a viejas preguntas planteó nuevas preguntas. Otras aún persisten: ¿Cuál es el origen del calentamiento coronal? ¿Por medio de qué mecanismos se acelera el viento solar? ¿Cómo funciona el proceso de dínamo responsable del ciclo de actividad de once años? ¿Puede la actividad solar producir energías tan altas que afecten la vida en la Tierra? El caudal de preguntas que suscita del estudio de nuestra estrella está lejos agotarse.

BIOLOGÍA MOLECULAR: EL DISCRETO ENCANTO DE CALCULAR

JORGE E TESTONI

Formular por medio de ecuaciones las leyes básicas de la naturaleza y dominar instrumentos matemáticos que permiten predecir el comportamiento de los sistemas físicos suele generar un peculiar estado de ánimo en los estudiosos. Si los sistemas considerados fueran aquellos que están en la base del fenómeno vida, el encanto de calcular sería, tal vez, mayor.

EDUARDO H RAPOPORT: LA PRIMERA GUERRA MUNDIAL DE LAS ESPECIES

GUILLERMO BOIDO - RODOLFO M CASAMIQUELA

'Los científicos no son unos sabios que viven en el limbo, no son seres perfectos, infalibles. La ciencia es un producto humano y quienes lo producen son personas que en lugar de dedicarse a otra cosa se dedican a la investigación.' Convicciones como ésta orientan el diálogo que Ciencia Hoy sostuvo en Bariloche con el ecólogo argentino Eduardo H Rapoport, y en el cual se aborda una gran diversidad de temas: su 'paseo al azar' geográfico y profesional, sus investigaciones, la necesidad de proteger nuestro patrimonio genético, la posibilidad de hacer 'ciencia pobre' no reñida con la calidad.

Visita nuestros archivos en www.cienciahoy.org.ar

CANOEROS DEL EXTREMO AUSTRAL

LUIS A ORQUERA - ERNESTO L PIANA

En el áspero clima y la accidentada geografía de la región del canal Beagle vivieron durante milenios los 'canoeros', pueblos nómades considerados tradicionalmente como arquetipos de primitivismo social y cultural. Las investigaciones arqueológicas actuales revelan, por el contrario, la existencia entre ellos de un sistema adaptativo de alta eficiencia.

Actualmente se sitúan los comienzos de las ocupaciones canoeras en las costas del Beagle en alrededor de 7400-7200 años calendáricos de antigüedad. El análisis de materiales recuperados en nuevos sondeos y excavaciones revela algunos cambios en medios y actividades de subsistencia de estos grupos canoeros, como la incorporación de una nueva especie de peces a la dieta y el uso de armas arrojadizas con puntas de piedra tallada. Estos cambios no modificaron, sin embargo, la estabilidad de sus pautas de organización, basada en el consumo de recursos predominantemente marinos.

¿NUEVOS MATERIALES PARA UNA NUEVA EDAD?

PATRICIA FRONTINI

El ritmo de vida moderno obliga a una adecuación rápida y permanente de los materiales, aun de los más novedosos. Los investigadores y tecnólogos argentinos no son ajenos a esta actividad y se esfuerzan por mantener abiertas líneas de trabajo en áreas que han conmovido la estructura económica y social del mundo.

MEDICINA POPULAR BRASILEÑA: REZOS Y CURACIONES DE CUERPO Y ALMA

MARÍA ANDREA LOYOLA

En las ciudades y zonas rurales brasileñas la actividad de los curanderos, rezadores y *pais-de-santo* constituyen una alternativa a la medicina oficial. Estas prácticas, algunas de las cuales han alcanzado difusión entre nosotros, presuponen que la enfermedad es el producto de fuerzas sobrenaturales.

El problema de la basura en una costa de Guyana. Wikimedia Commons

EL CONTROL AMBIENTAL A LA DERIVA

CÉSAR O TOMMASI

Ante episodios de contaminación ambiental se comprueba la inexistencia de organismos específicos de control y de una legislación coherente al respecto. Las consecuencias de estas anormalidades entrañan riesgos que pueden llegar, incluso, a afectar nuestra supervivencia.

SECRECIÓN DE INSULINA: LA CLAVE ES EL CALCIO

JUAN J GAGLIARDINO - CLAUDIO M GRONDA - JUAN PFC ROSSI

Una compleja red de circuitos interviene en el proceso de síntesis y secreción de la insulina, proceso en el cual el calcio tiene una importancia decisiva. La resolución de interrogantes que aún suscita el funcionamiento de este mecanismo permitirá comprender mejor la regulación de la secreción de hormonas en el nivel molecular.

Tiempo de elecciones

Este número de Ciencia Hoy llega a manos de los lectores en vísperas de las elecciones nacionales por las que, arribado el fin del presente período presidencial, se renovará el Poder Ejecutivo. Luego de realizadas las elecciones primarias, se ha aclarado el panorama de candidatos y agrupaciones; los partidos políticos emiten prácticamente a diario comunicaciones dirigidas a captar votos, y los ciudadanos, agrupados por sus opiniones, afinidades e intereses, se movilizan tanto para conocer las políticas que ejecutarían los postulantes a cargos públicos como para convencerlos de la bondad de los programas que defiende cada grupo de opinión o presión.

En este contexto, hemos presenciado diversas iniciativas tomadas por integrantes de la comunidad científica y tecnológica, lo mismo que otras de los partidos políticos dirigidas a dicha comunidad. Así, hubo partidos que celebraron reuniones públicas de discusión con académicos y tomaron en ellas compromisos para el caso de que fueran elegidos; otros partidos dieron a conocer programas de gobierno con detalles más o menos precisos sobre lo que harían en materia de ciencia y tecnología.

Por su lado, diversos grupos más o menos formales y más o menos numerosos de investigadores hicieron llegar a los políticos cuestionarios sobre lo que harían en el gobierno, lo mismo que propuestas generales o específicas sobre acciones que, en su opinión, convendría tomar. Entre esos documentos solo mencionaremos, por la amplitud de su enfoque y la diversidad de sus patrocinadores (que incluyen a la Asociación Civil Ciencia Hoy), uno titulado 'El papel de la ciencia y la tecnología en la sociedad argentina de los próximos años', remitido a las actuales autoridades y a todos los candidatos. (El documento puede consultarse en *cienciahoy.org.ar/carta-mandatarios*.)

No es propósito de este editorial pronunciarse a favor de unas políticas por sobre otras. Nuestra finalidad es informar al lector acerca de la discusión en curso y, en todo caso, señalar algunas grandes líneas de consenso, lo mismo que otras en que hay menos unanimidad de opinión.

Entre las áreas en que hay amplio acuerdo figura la necesidad de que exista una política de Estado en materia de ciencia y tecnología, cuyos grandes lineamientos se mantengan más allá de la alternancia de los gobiernos. Existen sólidas razones de tipo técnico, político y económico –en las que no entraremos aquí– que justifican esa necesidad y la consiguiente inversión de dinero público en el sector. Con algunas inconsistencias, una política de este tipo fue tomando gradualmente cuerpo desde el restablecimiento del régimen constitucional en 1983, pues casi todos los gobiernos que se sucedieron desde entonces, aunque a veces dieron pasos en direcciones equivocadas, terminaron realizando avances netos en la materia.

Para que una política de este tipo vaya más allá de lo meramente declamatorio, no debe formularse de manera aislada del resto de las políticas públicas ni aplicarse de forma independiente de estas: debe formar con ellas un único cuerpo coherente y de ejecución coordinada. Dos ideas importantes a tener en cuenta en esta materia son que todas las áreas de la acción gubernamental requieren apoyarse en el mejor conocimiento aplicable al medio local, y que la fuente de ese conocimiento es el sistema académico en todas sus ramas, tanto para la creación en el país de nuevo conocimiento como para la adaptación a nuestro medio del creado en el extranjero. Piénsese, para tomar unos pocos ejemplos notorios, en la salud pública, la contaminación ambiental, la energía o la productividad agropecuaria. La experiencia de las últimas décadas muestra que, si bien hay consenso sobre la mencionada necesidad de una política de Estado en materia de ciencia y tecnología, esta no se logró aplicar en forma sistemática y coordinada en las distintas áreas de gobierno. Cómo hacerlo es uno de los asuntos en discusión.

Discutir esta materia pone inevitablemente sobre la mesa las políticas de prácticamente todos los demás sectores económicos y sociales, entre ellos –para ejemplificar con algunos–, educación, producción industrial y agropecuaria, patentes y propiedad intelectual, la relación del Estado con la actividad privada y, obviamente, las finanzas públicas. Una meta repetidamente expresada y solo parcialmente cumplida a lo largo de los años es incrementar la participación del sector científico-tecnológico en el PBI. Sujeto a imprecisiones de medición, se estima que en las últimas décadas pasó de alrededor del 0,4% al 0,65%, inferior no solo al 1%, que es el valor

numérico usualmente dado a esa meta sino, también, a valores registrados en países que podrían verse como modelos, en los que ronda o supera el 2%.

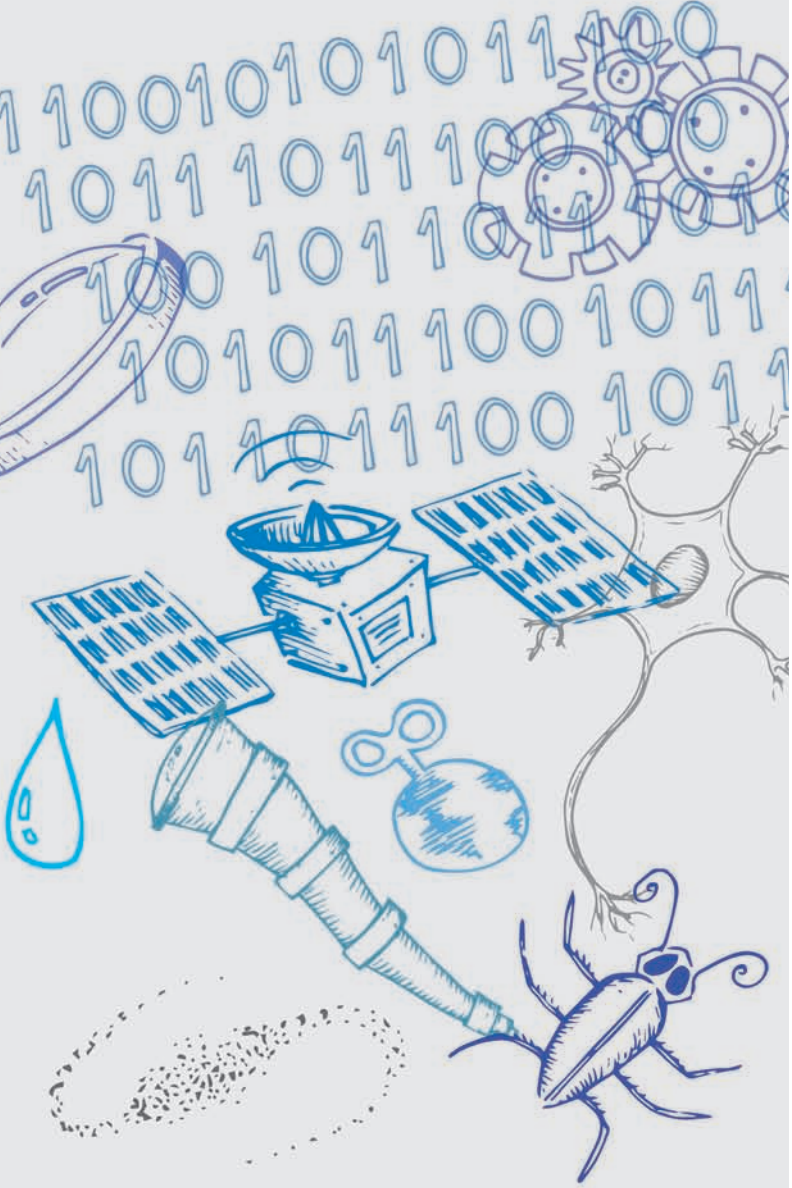
La cuantificación concreta de dicha meta en un programa de gobierno y la definición de los pasos a dar para alcanzarla exigen tomar serias decisiones –como cuánto destinar en el presupuesto nacional al financiamiento de la investigación científica y tecnológica– que exceden la competencia de los responsables e integrantes del sector. Pero también se requiere que estos establezcan cómo aplicar mejor los gastos e inversiones.

De esta manera se llega a cuestiones en las que existen ciertos márgenes de discrepancia. Las preguntas que se plantean son, por ejemplo, si debe distribuirse el dinero disponible para gastos de investigación exclusivamente por el mérito de los proyectos y los antecedentes de los investigadores que se proponen ejecutarlos, con lo que los recursos terminarían fuertemente concentrados en las disciplinas y las instituciones con mayor tradición, ubicadas en las principales ciudades, o si conviene separar una porción de los recursos para apoyar disciplinas poco cultivadas en el país y a investigadores que procuran iniciarse en ellas. Otra área de discusión es la prioridad que se debe dar a estudios cuyos resultados tendrían posible aplicación inmediata en, por ejemplo, la medicina o la producción de bienes y servicios versus investigaciones cuya motivación central no es obtener esos resultados de efecto rápido sino, más bien, incrementar nuestra comprensión amplia del funcionamiento del mundo natural, la cual, en un plazo mayor, abrirá sin duda las puertas a desarrollos de interés social. O cuál debe ser la participación del sector privado en el gasto interno en ciencia y tecnología. O en qué medida y en qué aspectos se puede aspirar a que la ciencia local compita en pie de igualdad con la mejor ciencia internacional y se llegue, por ejemplo, a un nuevo premio Nobel por investigaciones llevadas a cabo en el país. O hasta dónde se justifica que se destine dinero argentino a los grandes proyectos internacionales que cuestan literalmente miles de millones de dólares, como la construcción y operación de grandes observatorios astronómicos o de gigantescos aceleradores de partículas subatómicas. Distintas respuestas a estas preguntas conducen a diferentes asignaciones del presupuesto público y del gasto privado, lo que termina llevando a discusiones no exentas de apasionamiento.

Discusiones de este tipo acaecen de modo permanente en todos los países, en especial en los más adelantados, y no existen respuestas estándar válidas para todos. Cada comunidad científica nacional debe buscar la suya a la luz de los intereses, las preferencias y las posibilidades de la sociedad en que está inserta. Nada más alejado de la búsqueda de aplicaciones prácticas que la ciencia de Einstein, que sin embargo transformó como pocas el mundo moderno, incluyendo la vida cotidiana; nada más fuertemente orientado a solucionar problemas sanitarios concretos que la ciencia de Pasteur, que sin embargo revolucionó como pocas nuestra comprensión del mundo biológico. De la misma manera, incrementar el conocimiento de la gran diversidad de ecosistemas naturales del país con el propósito central de comprender su funcionamiento terminará proporcionando las bases para conservar el medio y la biodiversidad; inversamente, estudios concretamente orientados a salvar una especie amenazada o a manejar un área natural de interés turístico contribuirán a lograr una mayor comprensión del mundo natural.

El apasionamiento de las discusiones, sin embargo, no debe hacernos perder de vista que en lo esencial hay consenso. Por eso hablamos de ciertos márgenes de discrepancia. El consenso es que un país moderno debe abarcar el espectro más completo que pueda de la investigación científica y tecnológica –incluidas las humanidades y las ciencias sociales– y que no es aconsejable dejar algo fuera. La discusión está en cuánto de cada cosa, o cuál es el punto razonable de equilibrio entre tendencias que se oponen.

Como revista de divulgación de la ciencia escrita por investigadores profesionales, el mensaje que Ciencia Hoy quiere hacer llegar a sus lectores resalta la importancia para el futuro de la ciencia, la educación y la sociedad en general de la existencia de una política explícita de Estado en materia de ciencia y tecnología, y en tiempos electorales, que esta se discuta y pase a integrar las propuestas programáticas de los partidos políticos y sus candidatos. Y que los ciudadanos reflexionen sobre la cuestión al decidir su voto. CH



unciencia

Agencia Universitaria de Comunicación de la Ciencia, el Arte y la Tecnología

Universidad Pública
Conocimiento Público

www.unciencia.unc.edu.ar

UNC Universidad Nacional de Córdoba

PCI Prosecretaría de Comunicación Institucional

Cartas de lectores

¿Fuerte Sancti Spiritus o Sancti Spiritu?

Acerca del artículo 'El fuerte Sancti Spiritus', de Fabián Letieri *et al.*, aparecido en el número 142 de diciembre pasado, se me planteó una duda ortográfica. En latín, Espíritu Santo se traduce como Sanctus Spiritus. Cuando denominan una entidad, corresponde usar ambos términos en genitivo. En las citas que encontré, el adjetivo siempre aparece como Sancti, pero el sustantivo, para mí sorpresa, se da a veces como Spiritus y otras como Spiritu.

Martín Roubicek
Mar del Plata

Consultados por los editores, los autores de la nota señalaron que optaron por Sancti Spiritus siguiendo a Toribio Medina, historiador chileno que estudió y transcribió exhaustivamente la documentación de la expedición de Gaboto y cuya obra de 1908 incluyeron entre las lecturas sugeridas. Indicaron que Medina usó siempre Sancti Spiritus (a veces con acento en Spíritus), y que la misma denominación utilizaron Manuel Cervera en *Historia de la ciudad y provincia de Santa Fe 1573-1853* (Librería La Unión, Santa Fe, 1907, t. I, p. 78), y Paul Groussac en *Mendoza y Garay: las dos fundaciones de Buenos Aires 1536-1580* (Jesús Menéndez, Buenos Aires, 1908, t. I, p. 68). Acotaron, por último, que en las ediciones del siglo XIX y principios del XX de *La Argentina* (1612), de Ruy Díaz de Guzmán, el nombre suele aparecer como Sancti-Spiritus, y que en los documentos de época, como los relatos de Luis Ramírez y Diego García de Moguer, o en la cartografía de entonces, toma diferentes formas en las que por lo general está presente manuscrita la ese final de Spiritus. Los editores también verificaron que, de acuerdo con la gramática latina, igualmente correspondería escribir *Spiritus*. Como bien apunta el lector, ambos términos deben estar en genitivo, que para el sustantivo *spiritus*, masculino de la cuarta declinación, es *spiritus*.

La velocidad de la luz

En el artículo de Alejandro Cassini publicado en el número 143 de Ciencia Hoy, sobre un experimento de Galileo (pp. 20-26), se afirma que la velocidad de la luz es *exactamente* 299.972.458 *metros por segundo*. Estoy en desacuerdo con la forma en que se lo expresa, ya que el punto separador de miles debería ser reemplazado por un espacio, como se puede ver en cualquier publicación científica. Por otro lado, en la página 26 se indica erróneamente que la velocidad de la luz es ahora *mayor que* 7.688.000.000 *kilómetros por segundo*.

Carlos M Zaccaro

Facultad de Ingeniería, UBA

La objeción del lector Zaccaro al uso de puntos separadores en cifras de más de cuatro dígitos es atinada. En su momento los editores consideraron adoptar el uso de espacios, pero decidieron no hacerlo, porque temieron que resultara confuso y porque así lo recomendaba entonces la Real Academia. En el ínterin, esta cambió sus criterios, aunque, por lo menos en el medio local, la nueva recomendación no tuvo mayor éxito, posiblemente, entre otras razones, porque hay dificultades para aplicarla con los programas de computación en uso. De todos modos, Ciencia Hoy ha decidido analizar nuevamente la cuestión.

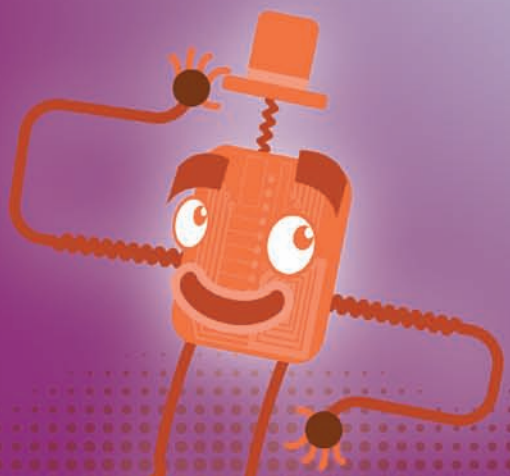
En cuanto a la segunda observación, la nota no indica que la velocidad de la luz sea ahora *mayor que 7688 millones de kilómetros por segundo*. Ese valor es el resultado de un experimento hipotético orientado a probar que la velocidad de la luz es infinita, presentado con el propósito de mostrar que tal experimento es imposible. El autor Cassini aplica así el aforismo *ausencia de evidencia no es evidencia de ausencia*, y argumenta que si no se puede medir la velocidad de la luz, ello no significa que sea infinita. Su razonamiento es que si no encontramos demora alguna en el tiempo que tarda la luz en llegar de la Tierra a la Luna midiendo con un reloj capaz de registrar lapsos *no menores de un diezmilésimo de segundo*, solo podremos afirmar que la velocidad de la luz es mayor que dichos 7688 millones de kilómetros por segundo (la cuenta está bien hecha), pero no que es infinita.

AMIGOS DE CIENCIA HOY

En 2013 cumplimos 25 años de presencia ininterrumpida y nos propusimos hacer realidad un añorado deseo: crear una revista de divulgación científica para chicos.
Conscientes del carácter formativo y de la importancia de desarrollar el interés por la ciencia desde la infancia, buscamos generar un producto para chicos con la misma calidad que la revista para adultos, con una cuidadosa y amigable preparación de los contenidos y su diseño. Pensada y escrita por científicos, con la invalorable colaboración de educadores, diseñadores y artistas convencidos de que la ciencia no solo es interesante, sino que también es divertida.
Y hoy podemos decirlo: ¡"Ciencia Hoy de los CHicos" está por convertirse en una realidad!
Necesitamos el apoyo de nuestros amigos y de todos aquellos que saben que acercarse a la ciencia inspira y alimenta la curiosidad, estimula el desarrollo de una mirada crítica para tomar mejores decisiones y que jugando y experimentando los chicos se divierten y aprenden.

Para sumarte a este emprendimiento solo tenés que entrar al sitio http://www.idea.me/revistachicos y elegir tu recompensa. También podés ayudarnos difundiendo la propuesta.

¡GRACIAS!



chicos@cienciahoy.org.ar
CHicosdeCienciaHoy
www.cienciahoy.org.ar
Tel-fax (011) 4961 1824 y 4962 1330

Abalorios de vidrio azul

Un equipo de científicos franceses y daneses demostró que perlas de vidrio halladas en Dinamarca en sepulturas previkingas de la Edad del Bronce, datadas entre los años 1400 y 1200 antes de nuestra era, provienen de Egipto y Mesopotamia.

Desde que se descubrieron hace siglo y medio, los arqueólogos habían notado su parecido con cuentas producidas por la misma época en el Egipto faraónico. Pero los 5000km que separan ambas regiones y la ausencia de hallazgos de objetos semejantes en sitios intermedios obstaculizaban suponer que hubo en esa época intercambios entre dichos lugares.

Un reciente análisis de laboratorio estableció la proveniencia de veintitrés perlas halladas en diferentes sitios daneses. Fue realizado por investigadores del Museo Moesgård, en Århus, y del Instituto de Investigación de Arqueomateriales, en Orleans, utilizando la técnica de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente, también conocida por su sigla en inglés ICP-MS –que permite determinar y cuantificar la mayoría de los elementos de la tabla periódica en una muestra–. Mediante la determinación de las concentraciones de diferentes elementos como cromo, lantano, circonio y tantalio, se comprobó que las características de dos de esas perlas coincidían con las de similares egipcias, mientras que las de las demás correspondían a las mesopotámicas. Los contenidos relativos de los pigmentos que dan color a las perlas –cobalto, níquel, zinc y manganeso– indicaron similares procedencias. CH

Abalorios mesopotámicos encontrados en un sitio arqueológico prehistórico en Kongehøj, Dinamarca. Datan de hace unos 3300 años. Foto A Mikkelsen, Museo Moesgård.

Más información en VARBERG J, GRATUZE B & FLEMMING K, 2015, 'Between Egypt, Mesopotamia and Scandinavia: Late Bronze Age glass beads found in Denmark', *Journal of Archaeological Science*, 54: 168-181, y ALLEMAND L, 2015, 'Des perles du Proche-Orient chez les ancêtres des Vikings', *La Recherche*, 497: 12-23.

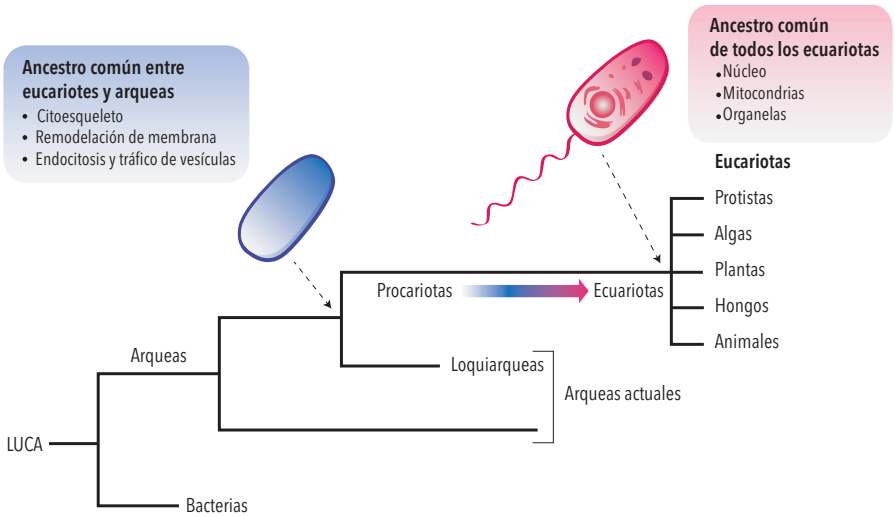
El origen evolutivo de las células eucariotas

La hipótesis más parsimoniosa (es decir, más simple o estadísticamente más probable) acerca del origen de la vida en la Tierra postula que ella apareció una única vez, y que de ese primer organismo vivo evolucionaron todos los tipos de vida que conocemos. Dicho ancestro universal único se conoce como LUCA (por la sigla en inglés de *Last Universal Common Ancestor*). Presentaba las mismas características básicas de todos los seres vivos: el código genético, la utilización de ATP como intermediario energético y la maquinaria de producción de proteínas, entre otras. Durante mucho tiempo se pensó que la división entre procariotas y eucariotas fue el primer evento de divergencia de todos los organismos vivos. Esa división no es caprichosa: los procariotas son organismos unicelulares formados por células sin núcleo ni divisiones de membrana que delimiten organelas internas, mientras que las células eucariotas tienen núcleo y organelas. Todos los organismos multicelulares son eucariotas, aunque existen muchos eucariotas unicelulares.

En la década de 1970, el microbiólogo norteamericano Thomas D Brock, hoy profesor emérito de la Universidad de Wisconsin, dividió a los procariotas en dos grandes grupos: las bacterias y las arqueas, algo que fue muy resistido por la comunidad científica de la época, ya que implicaban el uso de secuencias de ácidos nucleicos para identificar relaciones de parentesco o filogenéticas. Estas técnicas hoy se utilizan de manera rutinaria, pero hasta los trabajos de Brock las relaciones filogenéticas se basaban exclusivamente en análisis morfológicos y fisiológicos. Gracias a esto, actualmente existe consenso en la división de la vida en tres grandes ramas conocidas como dominios: las bacterias, las arqueas y los eucariotas.

Hay muchas hipótesis acerca del origen de las primeras células eucariotas y de sus organelas. Poner a prueba esas hipótesis es difícil, ya que no se conocen estados intermedios entre procariotas y eucariotas. Se presume que las células eucariotas comparten un único ancestro, ya que tienen características que son comunes a todas ellas, como un núcleo separado del resto de la célula que contiene el ADN, organelas limitadas por membranas y un esqueleto proteico interno conocido por el nombre de citoesqueleto. Estas estructuras están compuestas y son mantenidas por proteínas compartidas por todas las células eucariotas.

Un estudio reciente sobre muestras de organismos que viven en condiciones extremas identificó un nuevo género dentro del dominio de las arqueas. Los organismos de este grupo, que recibió el nombre *Lokiarchaeum*, contienen genes que se creían exclusivos de eucariotas, como aquellos que codifican para proteínas del citoesqueleto y los que regulan y estabilizan las organelas membranosas. Estos resultados sugieren un pasado en común entre nuestras células con núcleo y las loquiarqueas hace dos mil millones de años y redefinen, una vez más, la forma en que concebimos el árbol filogenético de la vida, en el que los eucariotas somos una rama del linaje de las arqueas. CH



Más información en EMBLEY TM & WILLIAMS TA, 2015, 'Evolution: Steps on the road to eukaryotes', *Nature*, 521: 169-170.

Federico Coluccio Leskow
federico@cienciahoy.org.ar

¿Bebés con tres progenitores biológicos?

En la fertilización asistida, a veces se implantan en una mujer embriones provenientes de óvulos de una donante, fecundados in vitro con esperma que puede ser del marido o también de un donante. Así, es posible hablar de bebés con hasta cuatro progenitores, dos biológicos o genéticos y dos de gestación y crianza. Pero a comienzos de este año la prensa difundió la noticia de que en el Reino Unido se había legalizado un procedimiento por el que pueden nacer bebés con tres progenitores *biológicos*. La misma expresión apareció en literatura científica sobre el tema. ¿Cómo puede ser?

Hay varias decenas de personas que llegaron al mundo en varios países con esa característica, principalmente a fines de la década de 1990 en los Estados Unidos, donde Jacques Cohen, un embriólogo clínico de Nueva Jersey, ideó una técnica para lograr que tuvieran hijos sanos mujeres con mutaciones en su ADN mitocondrial causantes en su descendencia de enfermedades como diabetes, sordera o trastornos cardíacos y hepáticos. El procedimiento dejó de aplicarse en 2002 a pedido de las autoridades sanitarias (entre otras razones, porque hubo quienes expresaron reparos éticos), aunque no se prohibió.

Las características genéticas de una persona están determinadas por su ADN, el que se encuentra en el núcleo de cada una de sus células y proviene, por mitades, de sus dos progenitores biológicos. La anterior afirmación, sin embargo, es solo cierta en el 99,99%: todos llevamos unos pocos genes –alrededor del 0,1% del total de ellos– en las mitocondrias, unas estructuras celulares que están fuera del núcleo. Por eso se habla de ADN *mitocondrial*, que se hereda solo de la madre, y se lo distingue del ADN *nuclear*.

Las parejas recurren a la fertilización asistida y a valerse de óvulos o espermatozoides de donantes cuando saben que su ADN tiene mutaciones que pueden dar lugar (según probabilidades conocidas) a que sus hijos padezcan de enfermedades en muchos casos mortales. Si esas mutaciones perjudiciales están en el ADN mitocondrial (algo que sucede, pero es muy poco frecuente), ¿no habrá forma de evitar que una madre se vea privada de transmitir sus genes a su descendencia solo porque una porción ínfima de ellos es defectuosa? ¿No habrá forma de solo usar los genes mitocondriales sanos de una donante y no reemplazar todos, es decir, también los nucleares? Eso fue lo que Cohen y varios otros lograron hacer y ahora autorizó el Parlamento británico.

La técnica de laboratorio por la que lo anterior se lleva a cabo tiene cierta complejidad. En esencia, consiste en reemplazar el núcleo del óvulo con mitocondrias sanas de una donante (antes o después de la fecundación) por el núcleo también sano de un óvulo de la portadora de la mutación perjudicial en las mitocondrias que busca tener un hijo sano, y luego, fecundado in vitro con el esperma de su marido, implantarle ese óvulo en la matriz. Así, el bebé resultante tendrá, como todos los nacidos (con o sin fertilización asistida), genes de un padre y una madre biológicos, excepto 0,1% de ellos, que provendrá de una donante. Se puede pensar que sería como trasplantarle un pequeño órgano.

Foto Benjamin Earwicker, FreeImages.com

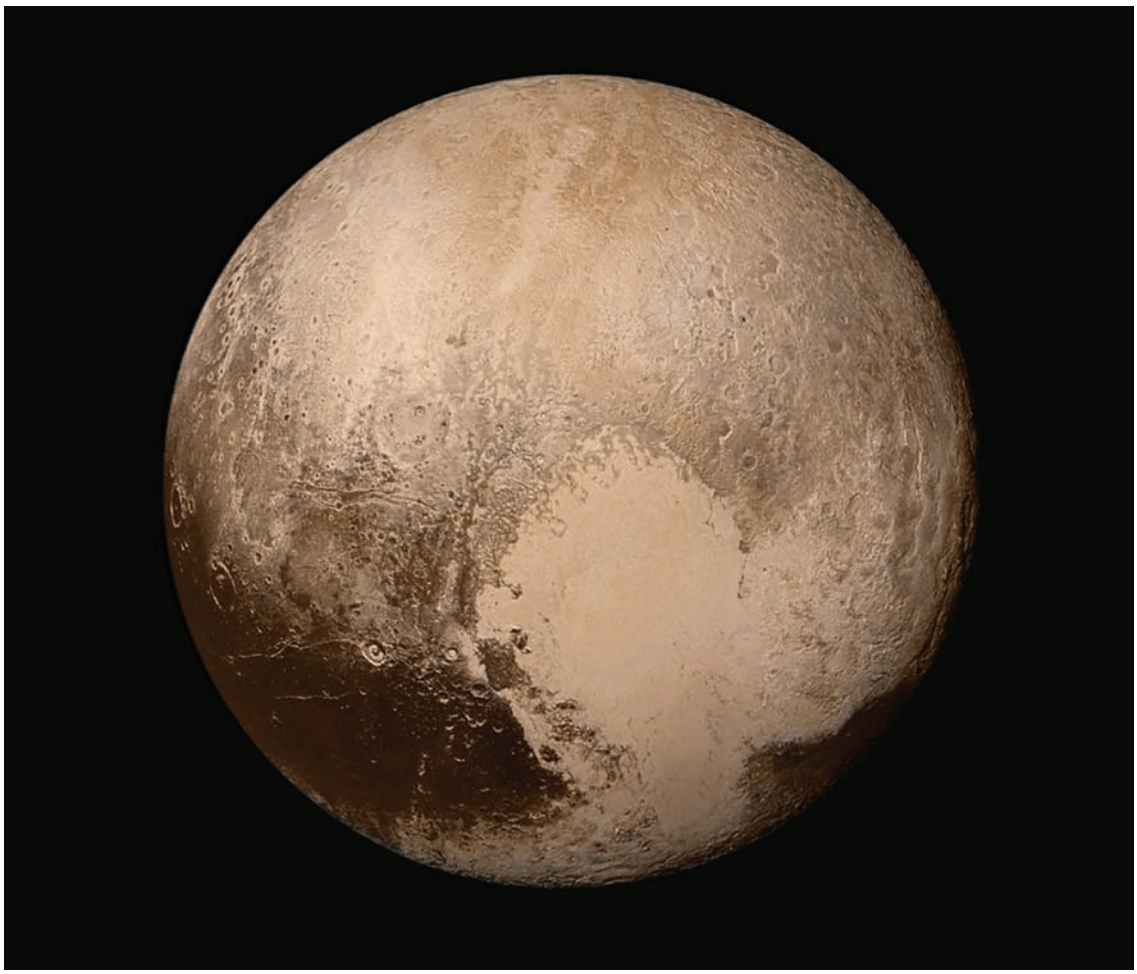
¿Tres progenitores biológicos, entonces? ¿No será una afirmación algo exagerada? CH

Más información en AMATO P *et al.*, 2014, 'Three-parent in vitro fertilization: Gene replacement for the prevention of inherited mitochondrial diseases', *Fertility and Sterility*, 101, 1: 31-35, y DARNOVSKY M, 2013, 'A slippery slope to human germline modification', *Nature*, 499, 7457: 127.

Plutón: me verán volver

El 14 de julio último, la sonda interplanetaria *New Horizons*, lanzada al espacio por la NASA desde Cabo Cañaveral en enero de 2006 para estudiar a Plutón, llegó al punto de su trayectoria más cercano a este después de viajar 4764 millones de kilómetros desde la Tierra, y obtuvo una asombrosa serie de fotografías tomadas desde una distancia de 12.500km del planeta enano. Las noticias y las correspondientes imágenes se difundieron por la prensa mundial.

Esa no es la primera vez que Plutón resultó noticia para el público, ni tampoco para los astrónomos. En la historia de la astronomía, Plutón es mucho más que un planeta enano: es un ícono de cómo los avances tecnológicos introducen fuertes variaciones en las ideas científicas. Fue descubierto en 1930 por Clyde Tombaugh (1906-1997) después de observar durante seis meses, cada cinco noches, una serie de campos estelares con un telescopio de 33cm de diámetro y de analizar las decenas de placas fotográficas obtenidas. Lo hizo en el observatorio Lowell, en el estado de Arizona, que le había encomendado la tarea y anunció el descubrimiento de un noveno planeta del sistema solar, el más lejano al Sol. Con el



Plutón tomado desde 12.500km de distancia por la sonda espacial *New Horizons*. Foto NASA/JHUAPL/SWRI

instrumental del momento, poco se logró determinar sobre los parámetros físicos del nuevo planeta, que orbitaba más allá de Neptuno. Se le estimaron diferentes masas, desde una similar a la de Júpiter hasta el 1% de la masa de la Tierra.

En 1978, con el descubrimiento de Caronte, el primer satélite detectado de Plutón –lo que se hizo con un telescopio de 1,55m de diámetro en el Observatorio Naval de los Estados Unidos–, se pudo determinar en forma directa la masa del planeta y estimar su diámetro: respectivamente 0,17% de la Tierra y aproximadamente 2300km. La detección de Caronte estimuló la duda sobre la condición de planeta de Plutón. Se esgrimieron hipótesis de que, con Caronte, eran partes de un satélite de Neptuno que había escapado de su órbita. Más aún, en 1992, con una cámara fotográfica montada en un telescopio de 2,2m de diámetro del observatorio Mauna Kea, en Hawaii, se detectaron objetos de hielo orbitando más allá de Neptuno. Hoy, con centenares de otros –algunos de tamaño similar a Plutón– son parte del cinturón de Kuiper.

Fue así que Plutón debió abandonar su trono de objeto transneptuniano peculiar. En septiembre de 2006, unos meses después de que partiera en su búsqueda la sonda *New Horizons*, la Unión Astronómica Internacional decidió retirarle su condición de noveno planeta del sistema solar. Pero las observaciones de dicha sonda permitieron precisar su diámetro, que resultó 2370km y lo convirtió nuevamente en el mayor objeto celeste transneptuniano. Por su densidad, se presume que tiene más hielo en su interior que el supuesto. Con las imágenes de alta precisión enviadas por la sonda se conocerá la morfología de su superficie. Así comienza un nuevo capítulo de la historia de Plutón en los confines del sistema solar. CH

Más información en *http://www.nasa.gov/mission_pages/newhorizons/main/index.html*

Andrea P Buccino
abuccino@iafe.uba.ar

Gentes como uno

¿Qué nos hace mejores amigos de nuestros mejores amigos? ¿Los intereses compartidos? ¿La afinidad en la forma de pensar? ¿Gustos similares? Es probable que todo eso contribuya en cierta medida, pero lo novedoso en el ámbito científico es que los mejores amigos comparten versiones similares de sus genes.

La mitad de nuestros genes constituye un legado de nuestra madre, mientras que la otra mitad fue aportada por nuestro padre en el momento de la concepción. Esto significa que cada rasgo de nuestro organismo y cada peculiaridad de nuestro funcionamiento están dictados por una versión materna y una versión paterna de cada gen. Pero esas versiones no son necesariamente iguales, ya que en toda población existen numerosas variantes o *alelos* de cada gen. De esta manera, diferentes alelos determinan rasgos tan evidentes como las tonalidades de cabello, de piel, de ojos, etcétera, lo mismo que rasgos más sutiles, como susceptibilidad a ciertas enfermedades, buena o mala digestión de determinadas comidas, o incluso nuestro temperamento.

Foto Travis Swan Flickr.com

En un llamativo estudio, Nicholas Christakis (de la Universidad de Yale) y James Fowler (de la Universidad de California en San Diego) analizaron casi 500.000 alelos en cerca de 2000 individuos, tanto amigos como desconocidos. Los resultados demostraron que los amigos compartían en promedio más alelos entre ellos que con cualquier persona tomada al azar de la misma población. Estadísticamente hablando, estos datos indican que un amigo cercano es tan parecido a nosotros como un primo en cuarto grado (es decir, un primo con un tatarabuelo hermano de un tatarabuelo nuestro). No debe extrañarnos, entonces, la familiaridad que percibimos ante alguien que nos cae realmente muy bien.

Esos no son los únicos datos curiosos que arrojó el análisis de Christakis y Fowler. Las mayores semejanzas se observaron en genes relacionados con la percepción olfativa. Los autores sugieren que preferencias olfativas similares favorecerían la concurrencia a ambientes con determinado aroma (algo lúdicamente bautizado como efecto *Starbucks*), y propiciaría el encuentro de personas afines. También mencionan el contagio emocional, es decir, el entusiasmo o interés experimentados frente a una sustancia agradable.

Del mismo modo, los genes vinculados con el metabolismo de las grasas resultaron muy similares entre amigos. Aunque en este caso la justificación no resulta tan obvia, los autores sugieren que esto ayudaría a coincidir en la selección de alimentos a compartir, o en el rechazo de otros inapropiados para ambos.

Es sugerente que el estudio también haya resaltado la existencia de conjuntos de genes particularmente diferentes entre amigos cercanos, por ejemplo, los responsables de orquestar la respuesta inmunitaria. Aquí, todo parece sugerir que la 'diferencia hace la fuerza', ya que rodearnos de gente capaz de complementar nuestras propias falencias inmunológicas resulta sumamente ventajoso para evitar la dispersión en nuestro entorno inmediato de los patógenos a los que somos susceptibles, y así minimizar nuestra exposición a ellos.

Tomados en conjunto, estos resultados llevan a pensar que el viejo adagio 'dime con quién andas y te diré quién eres' resultó, al fin de cuentas, más riguroso de lo que hubiéramos imaginado… CH

Más información en CHRISTAKIS N & FOWLER J, 2014, 'Friendship and natural selection', *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 111, 3: 10796-10801, accesible en *http://www.pnas.org/content/111/Supplement_3/10796.full.pdf.*

Leandro Martínez Tosar
lmartinezt@fbmc.fcen.uba.ar

Germán Marateo
Pablo Grilli
Marcos Juárez
Facultad de Ciencias Naturales y Museo,
Universidad Nacional de La Plata

Vanina Ferretti
Consultora Neoambiental

Aves en los aeropuertos

Accidentes e incidentes

La expansión demográfica y el alto consumo de las sociedades modernas facilitan el crecimiento de poblaciones de animales adaptables y oportunistas que se benefician de recursos diversos brindados por esas sociedades, en especial alimento y espacio. Muchos animales se han visto favorecidos y se han multiplicado aprovechando la producción agrícola y ganadera, las pesquerías y la generación de residuos. Una consecuencia de la superabundancia de sus poblaciones ha sido la aparición de particulares trastornos ambientales, que se han incrementado en las últimas décadas.

En el caso específico de las aves, las explosiones demográficas de determinadas especies fueron origen de contaminación de reservorios de agua, transmisión de enfermedades, pérdidas de rendimiento agrícola y accidentes aéreos.

Sucede que muchas especies de aves son atraídas por los aeropuertos, donde encuentran áreas tranquilas, propicias para alimentarse, reproducirse, descansar o refugiarse, con amplios espacios abiertos de pastizales, arboledas y edificaciones periféricas. Su concentración en y cerca de ellos genera un alto riesgo de choques con aeronaves, con consecuencias que en ocasiones llegan a ser fatales y a producir pérdidas económicas de consideración. En estos casos graves la jerga técnica aeronáutica habla de *accidentes*; si las consecuencias son leves, la expresión en uso es *incidentes*. Según las estadísticas internacionales compiladas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), el 54% de los incidentes en la aviación militar y el 90% en la aviación civil se producen en los aeropuertos.

Dos factores hacen que ciertas aves sean más riesgosas que otras: la masa corporal y la formación de bandadas. Cuando se dan ambos, el riesgo de accidentes se potencia. Entre las varias especies que se caracterizan por

¿DE QUÉ SE TRATA?

El conocimiento científico de la fisiología y del comportamiento de las aves ayuda a dar con formas de disminuir el riesgo de accidentes causados por choques en el aire con aviones.

ambos factores de riesgo se cuentan gaviotas, algunas rapaces, palomas, patos, cisnes y gansos. Gansos canadienses (*Branta canadensis*) causaron precisamente uno de los accidentes más célebres de este tipo: el de un vuelo de la línea US Airways que en enero de 2009 despegó del aeropuerto neoyorquino de La Guardia e hizo un espectacular descenso de emergencia en el río Hudson. Hay pájaros de menor tamaño que también forman bandadas, entre ellos, estorninos y tordos. Qué aves son potencialmente riesgosas en determinado aeropuerto varía según la región, la estación del año y de un año para otro, lo que convierte a cada aeropuerto en un escenario único.

Arriba: daños producidos a una turbina de avión en el aeródromo de Campo de Mayo por un ave de tamaño medio, el carpintero campestre (*Colaptes campestris)*.
Abajo: bandada de estorninos (*Sturnus vulgaris*) volando en un aeropuerto europeo en el momento en que despega un Boeing 737-900 de Turkish Airlines.

El 7 de septiembre de 1905, Orville Wright sufrió el primer incidente del que se tiene conocimiento cuando su aeroplano colisionó con una bandada de pájaros, probablemente tordos. En 1912 se registró el primer accidente fatal, en Long Beach, California, cuando el piloto Cal Rodgers perdió el control de su aparato al chocar con una gaviota. Desde los inicios de la aviación se estima que han muerto en el mundo más de 350 personas y resultaron destruidos más de 200 aviones y helicópteros por estas causas, sin contar miles de incidentes menores. También se estima que solo queda registrado entre el 20 y el 30% de los incidentes que ocurren globalmente, entre otras razones porque, a pesar de que hay consenso sobre la importancia de llevar registros actualizados, los datos confiables que se tienen se refieren principalmente a los Estados Unidos, Canadá, Europa occidental y Australia, y no se remontan a más de unos treinta años.

Fuera de esos países, la disparidad en las estadísticas es grande, probablemente por los variados criterios

Resultado del impacto de una o más aves en el parabrisas de un avión en vuelo. El incidente ocurrió el 4 de noviembre de 2009 en Arizona. El piloto logró aterrizar con heridas faciales menores y un hombro amoretonado. Foto Aeropuerto Regional de Show Low, Arizona.

aplicados a los registros y por el bajo porcentaje de incidentes informados y analizados. En Sudamérica, Brasil recopila las mejores estadísticas: entre 2006 y 2010 estas consignaron 3239 incidentes (2,33 por cada 10.000 vuelos), con las especies de aves identificadas en el 46% de los casos. En Colombia, entre 2006 y 2009 se registraron 168 incidentes; en el mismo período en la Argentina alcanzaron los 212 en la aviación civil, de los cuales solo 4 fueron atribuidos a colisiones con aves.

Medidas de mitigación

Como es de esperar, los gobiernos, las empresas de aeronavegación y los operadores de aeropuertos procuran mitigar estos trastornos. Una forma de hacerlo es emprender *programas de control*, término que se refiere al conjunto de medidas que apuntan a reducir la cantidad de aves en los aeropuertos y a veces en sus inmediaciones. El uso de la palabra 'control' en lugar de erradicación indica que, como en muchas situaciones semejantes con flora y fauna, se sabe que la exterminación permanente de la especie no es viable.

Un programa exitoso de control requiere por lo común aplicar una variada gama de medidas, tanto preventivas como curativas, además de realizar un monitoreo de los resultados. Las técnicas aplicadas exitosamente difieren según las especies de aves y los aeropuertos, de suerte que medidas eficaces en un caso pueden no serlo en otro, lo que hace necesario diseñar y ensayar programas adaptados a cada situación particular.

Algunas técnicas son de tipo indirecto o pasivo: procuran hacer menos atractivas las áreas para los animales. Otras son técnicas directas o activas, pues actúan directamente sobre las especies en cuestión. Normalmente un buen programa combina técnicas de ambos tipos. La mayoría resulta efectiva durante un tiempo limitado y para una situación particular. La experiencia indica que emprender un con-

Algunas aves que crean riesgos en aeropuertos argentinos: carpintero campestre (*Colaptes campestris*), chimango (*Milvago chimango*) y tero (*Vanellus chilensis*). A pesar del incidente que muestra la figura de página 18, arriba, la primera no se cuenta entre las de alto riesgo.

junto de varias acciones sostenidas en el tiempo es el mejor camino para obtener un control efectivo.

Algunos de los métodos de control resultaron de aplicar, por prueba y error, medidas dictadas por el sentido común. Otros fueron producto del conocimiento biológico de las especies en cuestión y de estudios científicos sobre la manera de aprovecharlo.

La erradicación o control letal rara vez resulta eficaz, ya que la especie así tratada suele reaparecer en no mucho tiempo. Además de dicho retorno y de las cuestiones éticas, legales y hasta económicas asociadas con esa clase de intentos, sucede que el espacio vacío creado por la repentina ausencia de determinadas aves facilita la ocupación del área por poblaciones de otras especies que provienen de los alrededores. Es en todo caso una opción extrema si se requiere una solución inmediata para un corto plazo mientras se definen y aplican medidas de mediano y largo plazo.

Los métodos letales suelen ser efectivos, sin embargo, como una técnica complementaria de ahuyentamiento, pues a veces la muerte de solo unos pocos individuos sirve de refuerzo de técnicas no letales, y en conjunto logran razonable éxito en espantar a por lo menos buena parte de las aves y en evitar que se acostumbren y dejen de reaccionar ante las acciones emprendidas para ahuyentarlas.

El control de la nidificación puede mantener estables o aun reducir las poblaciones de aves residentes de un aeropuerto. Por ejemplo, en el aeródromo militar de Campo de Mayo, cercano a Buenos Aires, la destrucción de nidos de chimangos logró disminuir su cantidad de 51 a menos de 10 entre 2005 y 2012.

Muchas especies de aves pueden ser repelidas con perros o aves rapaces entrenadas, pues los reconocen como potenciales predadores, huyen de la zona y tratan de evitarla en el futuro. Una de las rapaces más utilizadas en todo el mundo para ese propósito es el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), eficaz predador silvestre de muchas aves de diferente porte, como palomas, teros y pájaros diversos, y desde antiguo entrenado para cazar.

Desde hace poco más de una década también empezaron a utilizarse perros, entre ellos los de una raza de pastores criada en tierras limítrofes de Inglaterra y Escocia llamada Collie de la frontera (*Border Collie*). Algunos informes indican que un solo perro bien entrenado es capaz de reducir entre el 50% y el 99% la abundancia de aves luego de un mes de actividad.

El estudio del comportamiento de las aves y de sus predadores proporcionó una base para desarrollar aviones radiocontrolados (semejantes a los drones) que imitan la silueta, el color y hasta la forma de vuelo de las rapaces. Este es uno de los más recientes y más promisorios desarrollos tecnológicos para el control de aves, actualmente utilizado en algunos aeropuertos con alta efectivi-

Algunas aves que crean riesgos en aeropuertos del hemisferio norte: gansos canadienses (*Branta canadensis*), estornino pinto (*Sturnus vulgaris*) y tordo de cabeza marrón (*Molothrus ater*). En la cuenca del Plata viven otras especies de tordos del mismo género y se está presenciando la invasión de los estorninos, nativos del continente euroasiático y llegados por accidente.

dad. Estas rapaces de aeromodelismo parecen tener por lo menos la misma efectividad que las rapaces verdaderas.

Las aves perciben el ambiente que las rodea esencialmente por medio de la vista y secundariamente por el oído, pero de manera distinta de los humanos, debido a diferencias en la retina, la fisiología óptica, el campo visual y el procesamiento de la visión por el cerebro. La mayoría de las aves ven más colores y perciben con la vista radiación de un rango mayor del espectro, que incluye el ultravioleta. Además, la agudeza visual de algunas aves, como las rapaces, es mayor que la nuestra, pero a diferencia de nosotros, que tenemos un solo campo de agudeza visual hacia el frente, tienen dos campos en cada ojo, uno frontal y otro lateral, el segundo de mayor agudeza. Muchas especies de aves tienen un estrecho campo visual hacia el frente, tanto horizontal (menos de 30°) como vertical (menos de 120°), comparado con el humano (120° y 135° respectivamente). Esas características visuales influyen en la susceptibilidad de las aves a tener colisiones con objetos voladores veloces, e incluso inmóviles, que tengan al frente. Las aves ven el mundo hacia los costados; con la visión binocular hacia el frente solo ven a corta distancia.

Su mayor sensibilidad auditiva reside en un limitado rango de frecuencias (entre 1 y 4 kHz), aunque oyen en un rango más amplio y, según la especie, son más sensibles hacia los extremos superior o inferior de ese rango. Su discriminación de frecuencias, con algunas excepciones, como las lechuzas, es de entre la mitad y un tercio de la de los humanos.

Esferas flotantes o *bird balls* usadas para impedir el descenso de aves en un pequeño cuerpo de agua.

Las anteriores características sensoriales están en la base de métodos visuales y sonoros de control, pero el inconveniente de esos métodos es que producen acostumbramiento y son poco efectivos sin combinarlos con otras técnicas, como bien se conoce por la experiencia de los tradicionales espantapájaros.

En años recientes se ha ensayado el uso del color, de luces y de láseres como instrumentos de control. Algunos estudios han encontrado una relación entre el color del fuselaje de los aviones y la tasa de choques con aves: los aviones con colores más brillantes y con más contraste con el cielo tienen menos incidentes con aves, mientras que los más oscuros y con menos contraste se ven más afectados. Experimentos también han encontrado que las aves reaccionan rápidamente y realizan maniobras de evasión cuando perciben objetos voladores de colores claros y brillantes.

Hay investigaciones sobre la relación entre las luces de aterrizaje de los aviones y el comportamiento de evasión de las aves, pero han arrojado resultados contrapuestos según la intensidad, el color, la intermitencia y la periodicidad de la luz emitida, y según la intensidad de la luz ambiente, que depende de la hora del día, la cobertura nubosa, la región geográfica y la estación del año. Estudios sobre el uso de rayos láser para repeler aves han dado algunos resultados prometedores, pero debe estudiarse más la potencia, el tipo de haz y la longitud de onda del láser, así como la influencia de la luz ambiente.

Espantar las aves emitiendo sonidos, tanto una señal constante o modulada como la reproducción de alarmas de la misma o de otras especies, o de gritos de predadores, no suele dar mucho resultado, porque las aves se acostumbran a ellos rápidamente si los equipos no son movidos de lugar en forma constante y los sonidos no se cambian al azar. Pero son técnicas que combinadas con otras pueden contribuir a alcanzar un buen resultado.

La pirotecnia, que combina efectos sonoros y visuales, es uno de los métodos más usados en aeropuertos de todo el mundo por su simplicidad, bajo costo y relativa eficacia.

Otro recurso son los repelentes táctiles, sustancias pegajosas que se aplican sobre superficies duras y producen incomodidad o irritación en las aves que se posan. En condiciones ideales, una aplicación puede ser efectiva por entre seis y doce meses. También hay repelentes olfatorios y gustativos, como la antraquinona y el antranilato de metilo, que son compuestos no tóxicos. Los sitios de alimentación y posado de aves, como pastizales y cuerpos de agua, pueden ser tratados con esos productos, que les producen una irritación de las mucosas del tracto digestivo y una aversión hacia las áreas tratadas, de las que se alejan y a las que evitan en el futuro. El tiempo de efectividad de esos repelentes puede variar ampliamente con el crecimiento y los cortes del pasto, y con las lluvias, pero generalmente oscila entre siete y treinta días.

Una de las medidas más recomendada de manejo de hábitats es controlar la altura de los pastos. Los pastizales altos y de densidad uniforme impiden la libre movilidad y el contacto social de las aves, obstaculizan su vigilancia

Un halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y su entrenador en la base aérea Fairchild, en el estado norteamericano de Washington.

de posibles depredadores, la detección y obtención de alimento, y la nidificación. En años recientes se ha ensayado implantar pastos poco palatables y hasta césped sintético. Este no produce semillas y no atrae insectos ni roedores: los resultados obtenidos con él fueron promisorios, pero es muy costoso.

La eliminación de cuerpos de agua es una medida efectiva de control de aves acuáticas, y la fumigación de pastizales para eliminar insectos se utiliza con el propósito de reducir el número de aves insectívoras y la atracción de animales que se alimentan de ellas. Impedir el posado y uso de distintos sitios por parte de las aves mediante redes, púas y clavos o sellado de huecos es efectivo pero no aplicable en gran parte de los aeropuertos, salvo en zonas limitadas y en pequeños cuerpos de agua, que se cubren enteramente con esferas flotantes llamadas en inglés *bird balls*. Pero hay métodos de exclusión parcial que dificultan el acceso de aves que llegan, su desplazamiento terrestre o su despegue cuando procuran volar a otra parte.

En conclusión, los alcances del control de aves en los aeropuertos dependen de disponer de una base técnica que permita analizar las características del problema, incluidas la biología de las especies y las particularidades de los sitios, y lleve a evaluar las posibilidades de diferentes formas de manejo.

Como medidas generales, es necesario llevar registros estadísticos precisos y confiables sobre los incidentes ocurridos en aeropuertos, cumplir con las recomendaciones de la OACI en materia de riesgo aviario (y de fauna en general) y, luego de haber elegido para cada sitio el plan adecuado, monitorear sus resultados. CH

LECTURAS SUGERIDAS

BLACKWELL BF *et al.*, 2009, 'Avian visual system configuration and behavioural response to object approach', *Animal Behaviour,* 77: 673-684.

CLEARY EC & DOLBEER RA, 2005, *Wildlife Hazard Management at Airports: A manual for airport personnel*, Departamento de Agricultura, Sandusky, Ohio, y Administración Federal de Aviación, Washington DC.

DOLBEER RA, WRIGHT SE & CLEARY EC, 2000, 'Ranking the hazard level of wildlife species to aviation', *Wildlife Society Bulletin*, 28: 372-378.

MARTIN GR, 2011, 'Understanding bird collisions with man-made objects: A sensory ecology approach', *The Ibis*, 153: 239-254.

ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL, 2013, 'Control y reducción del peligro que representa la fauna silvestre', en *Manual de servicios de aeropuertos*, doc 9137-AN/898, OACI, Montreal.

SODHI NS, 2002, 'Competition in the air: birds versus aircraft', *The Auk*, 119: 587-595.

Germán Marateo

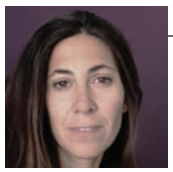
Doctor en ciencias naturales, UNLP.
Auxiliar docente, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.
germanmarateo@fcnym.unlp.edu.ar

Pablo Grilli

Licenciado en biología, UNLP.
Auxiliar docente, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP, y Universidad Nacional Arturo Jauretche.
pablogrilli@gmail.com

Marcos Juárez

Licenciado en biología, UNLP.
Auxiliar docente, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.
mcnjuarez@yahoo.com.ar



Vanina Ferretti

Licenciada en biología, Universidad CAECE.
Consultora en temas ambientales.
vferretti@neo-ambiental.com.ar

Megalopa de cangrejo vista con un microscopio de 40 aumentos. Durante ese corto estado larval, en el cual integra el zooplancton, se alimenta vorazmente de otros miembros del zooplancton. Luego de aproximadamente una semana desciende al lecho marino y se produce la metamorfosis al estadio juvenil. Foto Audubon Magazine/Richard Kirby

Eduardo Spivak

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras,
UNMDP-Conicet

Larvas y metamorfosis
Cambios de forma durante el desarrollo animal

Uno de los fenómenos naturales más apasionantes es el desarrollo animal, por el que una única célula, el cigoto, se divide y origina cientos, miles o millones de células, diferentes entre ellas en su estructura y su función. Así, un organismo adulto consta de decenas o centenares de tipos de células claramente reconocibles, que forman sus tejidos y órganos. En el proceso de desarrollo, cada parte del animal se forma en un momento y un lugar determinados y, al mismo tiempo, se va estableciendo una compleja red de interrelaciones que permiten su integración en un todo altamente organizado.

La estructura y el funcionamiento de un ser viviente –es decir, su *fenotipo*– es el resultado de la interacción durante el desarrollo de sus genes –o su *genotipo*– con el ambiente. Los mamíferos, aves, reptiles, muchos artrópodos y otros grupos de invertebrados pasan gradualmente de ser embriones (por lo general protegidos por una estructura de la madre, como el útero, o provista por ella, como la cáscara del huevo) a tener la forma típica de los adultos. El genotipo de esos organismos contiene las instrucciones, por así decirlo, para que se arme una única disposición de tejidos y órganos, de la que resulte un único conjunto de funciones y comportamientos que se mantendrá a lo largo de toda la vida. Ese tipo de trayectoria se llama *desarrollo directo*.

El cuerpo de la mayoría de las especies animales, en cambio, toma durante su desarrollo dos o más formas que se suceden en el tiempo y pueden ser más o menos diferentes de la del animal adulto. Este segundo tipo de trayectoria, llamado *desarrollo indirecto*, también comienza con un embrión, al que sigue un estadio que por lo general recibe

¿DE QUÉ SE TRATA?

Un mamífero recién nacido se parece bastante a un adulto y llega a ese estado por cambios graduales. Pero la mayoría de las especies animales empieza su vida como larvas muy distintas de los adultos, pues su forma cambia drásticamente en el proceso denominado metamorfosis.

Grillos juveniles y adultos de la especie *Gryllus bimaculatus*, nativa de África y Europa. Ejemplo de desarrollo indirecto gradual: adultos y larvas se diferencian solo por el tamaño del cuerpo y de las alas. Los adultos pueden medir unos 2,5cm. Adrian Pingstone, Wikipedia Commons.

el nombre de *larva*. En el estadio larval, los animales pueden ser similares a los adultos, en los que se transforman también de manera gradual. Pero pueden ser muy diferentes de los adultos y adquirir sus formas de manera más o menos abrupta, por lo común como consecuencia de señales recibidas del ambiente. Ese cambio se llama *metamorfosis*.

Ejemplos de transformación gradual se encuentran en crustáceos acuáticos, como los del género *Artemia*, en bichos bolita (que son crustáceos terrestres) y en insectos como grillos, saltamontes y chinches; ejemplos de transformación abrupta se observan en sapos, ranas, moscas, abejas, escarabajos y mariposas, además de cangrejos, langostinos, almejas, caracoles, estrellas de mar, erizos de mar y medusas. El genotipo de los animales con metamorfosis incluye instrucciones para construir dos y a veces más organismos que se suceden en el tiempo, que a menudo no solo difieren en sus formas sino, también, en su hábitat, alimentación y comportamiento. Hay casos de larvas y adultos tan distintos que fueron erróneamente considerados especies diferentes.

Comprender cuándo, cómo y por qué ocurre la metamorfosis implica integrar diferentes aspectos de biología del desarrollo, evolución y ecología.

Tipos de larvas

Es sorprendente la diversidad de tipos de larvas que existen en la naturaleza, al punto de que resulta difícil establecer una definición estricta que vaya más allá de afirmar que es una etapa del desarrollo de un animal, que tiene características propias pero transitorias, que comienza luego de la formación del embrión, que antecede al organismo adulto y que se diferencia de este por su forma, hábitat o comportamiento. Se ha propuesto, sin embargo, distinguir dos tipos de larvas, denominadas respectivamente *primarias* y *secundarias* atendiendo a su estructura y a las características de la metamorfosis.

Una *larva primaria* es pequeña y acuática, un microanimal que, luego de unos pocos ciclos de división celular, adquiere estructuras de una célula de espesor integradas por pocos tipos de células, sin mesodermo ni sistema nervioso central en su origen (véase el recuadro 'Embriogénesis').

El desarrollo de muchos invertebrados marinos, como cnidarios (medusas, corales, anémonas de mar), anélidos (lombrices de mar), moluscos (caracoles marinos, mejillones y almejas) y equinodermos (estrellas y erizos de mar) incluye este tipo de larvas. La meta-

Izquierda: escarabajo torito o bicho candado (*Diloboderus abderus*), ejemplo de un insecto con metamorfosis abrupta. Mide unos 2cm. Eduardo González Carducci flickr. Derecha: larva de escarabajo torito; mide unos 2cm, aunque es raro verla así ya que, al remover la tierra, casi siempre se la encuentra enroscada.

EMBRIOGÉNESIS

La fecundación del óvulo u *ovocito* por un *espermatozoide* conduce a la aparición de la primera célula del nuevo animal: el *cigoto*. El desarrollo embrionario comienza con el cigoto, e incluye varios períodos sucesivos. El primero, la *segmentación*, consiste en una serie de divisiones celulares del cigoto acompañada por una reducción del tamaño de las células resultantes. Así se forma la *blástula*, que consta de varios cientos de células y tiene el aspecto de una esfera del tamaño del cigoto original. El segundo período, la *gastrulación*, consiste en un aumento del número de células sin reducción del tamaño de cada una, asociado con una reubicación de ellas que da lugar a dos capas concéntricas llamadas *endodermo* (interna) y *ectodermo* (externa). El embrión así formado se llama *gástrula*, conserva primero la forma esférica pero es más grande que el cigoto. Finalmente, se forma una tercera capa de células, intermedia entre las otras dos, llamada *mesodermo*, y comienzan a desarrollarse los órganos, como consecuencia de la continuidad de las divisiones celulares. El endodermo origina gran parte del tubo digestivo, el ectodermo la epidermis y el sistema nervioso, y el mesodermo la musculatura y otras estructuras internas.

morfosis es inducida externamente, por señales del ambiente, en su mayoría químicas, percibidas por órganos sensoriales simples. Es rápida (desde horas a pocos días) y la formación de la mayoría de las estructuras juveniles precede a la destrucción de las estructuras larvales.

Una *larva secundaria*, típica entre otros de escarabajos, hormigas, moscas, mosquitos, pulgas, abejas, avispas, camarones, muchos cangrejos, peces, sapos y ranas, es grande, estructuralmente más compleja, tiene sistema nervioso central y mesodermo. En un caso extremo, la larva puede ser más grande que el adulto, como ocurre en los renacuajos de la rana sudamericana *Pseudis paradoxa*. La metamorfosis de una larva secundaria es controlada internamente por interacciones complejas de múltiples hormonas, es lenta (desde días a meses) y la formación de estructuras juveniles ocurre por lo general al mismo tiempo que la destrucción de las larvales.

En busca de una elusiva definición

Son tantos y tan diversos los tipos de larvas, y tan variadas las transformaciones que conducen a la aparición de la forma juvenil y luego la adulta, que se ha hecho muy difícil llegar a un acuerdo entre los biólogos para formular una definición precisa del concepto de metamorfosis, al punto que en un simposio realizado en 2006 llegaron a exponerse catorce variantes. De todas maneras, se pueden distinguir siempre cuatro pasos en el proceso: (i) la larva adquiere la capacidad de transformarse en juvenil; (ii) las estructuras corporales de juveniles y adultos crecen y se diferencian de las larvales; (iii) las estructuras larvales se destruyen, por lo general por muerte celular programada, un proceso llamado *apoptosis*, y (iv) existe un cambio de hábitat y alimentación. La secuencia temporal en que se dan esos pasos y su duración, sin embargo, son extremadamente variables.

Desarrollo indirecto máximo en invertebrados marinos

En muchos invertebrados marinos cuyos adultos son bentónicos (es decir, viven sobre los fondos marinos), las larvas, sin embargo, son pelágicas (nadan libremente en la columna de agua) e integran el plancton. Esas larvas pueden ser tanto primarias como secundarias; en algunas de las primarias tiene lugar un fenómeno particular,

DESARROLLO		
Directo Mamíferos, aves, reptiles, algunos invertebrados como anélidos (lombrices de tierra) y moluscos (caracoles terrestres, pulpos y calamares).	**Indirecto o metamorfosis**	
	Con larva primaria *Cnidarios* (Medusas, corales, anémonas de mar) *Moluscos* (Caracoles marinos, mejillones y almejas) *Equinodermos* (Estrellas y erizos de mar) *Anélidos o lombrices de mar*	**Con larva secundaria** Escarabajos, hormigas, moscas, mosquitos, pulgas, abejas, avispas, camarones, muchos cangrejos, peces, sapos, ranas.

llamado *desarrollo indirecto máximo*. En 1986 se dio a conocer que las células del embrión de los erizos de mar forman dos grupos desiguales. Uno, más numeroso, origina las estructuras larvales; el otro, más escaso porque las divisiones celulares cesan muy pronto, origina posteriormente las estructuras adultas.

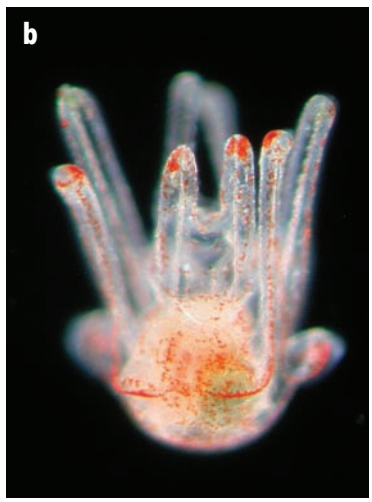
Las larvas desarrolladas a partir de embriones que tienen este comportamiento nadan, se alimentan y crecen, pero incluyen unas pocas células que permanecen inactivas y aisladas de las restantes (en inglés se las llama *set aside cells*, o células dejadas de lado). Esas células inactivas no participan de los procesos de diferenciación que tienen lugar en el temprano desarrollo embrionario, pero conservan la potencialidad de originar muchos tipos celulares. Por esto último, y por permanecer secuestradas entre células diferenciadas, se asemejan a las células madre presentes en procesos regenerativos a los que nos hemos referido en un número reciente de Ciencia Hoy ('Las cabezas de la hidra', 137: 19-25), y se asemejan también a las células madre de las gametas o células reproductivas de muchos animales.

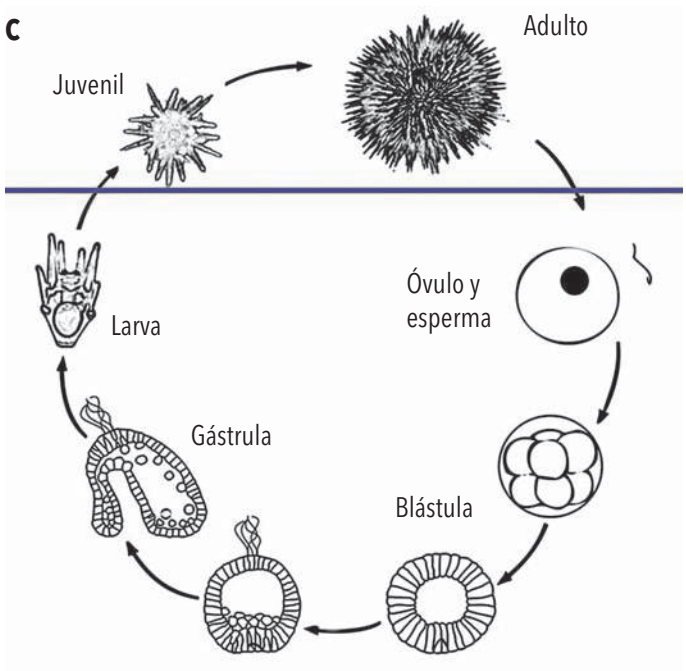
Las células que quedaron de lado se sostienen gracias al resto de las células de la larva, se reactivan gradualmente y constituyen la base sobre la cual se forman los órganos del adulto. En ese momento, la mayoría de las estructuras larvales desaparece y quedan en su lugar los tejidos definitivos.

Con el tiempo se encontraron células dejadas de lado del tipo descripto en diferentes invertebrados marinos. Sin embargo, en otros casos se comprobó que células larvales diferenciadas recuperaron la capacidad de transformarse y de proliferar en forma de células de diferente tipo, por lo que se concluyó que la existencia de dichas células dejadas de lado y la destrucción de los restantes tejidos de la larva no constituyen las únicas formas de desarrollo indirecto.

Ventajas y desventajas del desarrollo indirecto

Se puede suponer que la existencia de una etapa larval en la vida de un animal debería serle beneficiosa, dado lo difundido que es este tipo de desarrollo. Entre las ventajas que podemos imaginar, para las larvas pelágicas de invertebrados bentónicos está la capacidad de dispersarse por las corrientes marinas, y así alejarse de la población parental y la endogamia. Por otro lado, este tipo de desarrollo con dos etapas permite que larvas y juveniles exploten diferentes nichos ecológicos, como ocurre con los renacuajos, que son larvas acuáticas, y los sapos, sus adultos terrestres; esto evita la competencia entre generaciones por recursos, pues consumen diferentes alimentos y tienen distintos hábitos de vida. El caso extremo es el de muchos insectos, que se





(a) Erizo de mar de la especie *Strongylocentrotus purpuratus*, que vive en las costas del Pacífico de México a Canadá. Es el invertebrado marino cuya metamorfosis más se ha estudiado. Puede medir unos 10cm de ancho y 5cm de alto. Kirt L Onthank, Wikipedia Commons.
(b) Larva plantónica de un erizo de mar; mide una fracción de milímetro.
(c) Esquema del ciclo de vida de *Strongylocentrotus purpuratus*. Las formas mostradas arriba de la línea azul son bentónicas; las que están por debajo son pelágicas.

alimentan solo cuando son larvas y se concentran en la reproducción cuando llegan a adultos.

Pero pasar por el estadio de larva implica una demora en adquirir la capacidad de reproducirse, que llega solo en la etapa adulta. Para muchas especies la evolución condujo a que se abreviara el desarrollo por la supresión total o parcial de la etapa larval, que a veces queda reducida al período transcurrido en el interior del huevo. Ejemplos de transición evolutiva del desarrollo indirecto a uno directo se verifican en caracoles de jardín, lombrices de tierra, cangrejos de agua dulce (que derivan de antepasados acuáticos con larvas pelágicas) y en las hembras de ciertos anfibios que han desarrollado estructuras incubadoras de los huevos.

Control hormonal de la metamorfosis en larvas secundarias

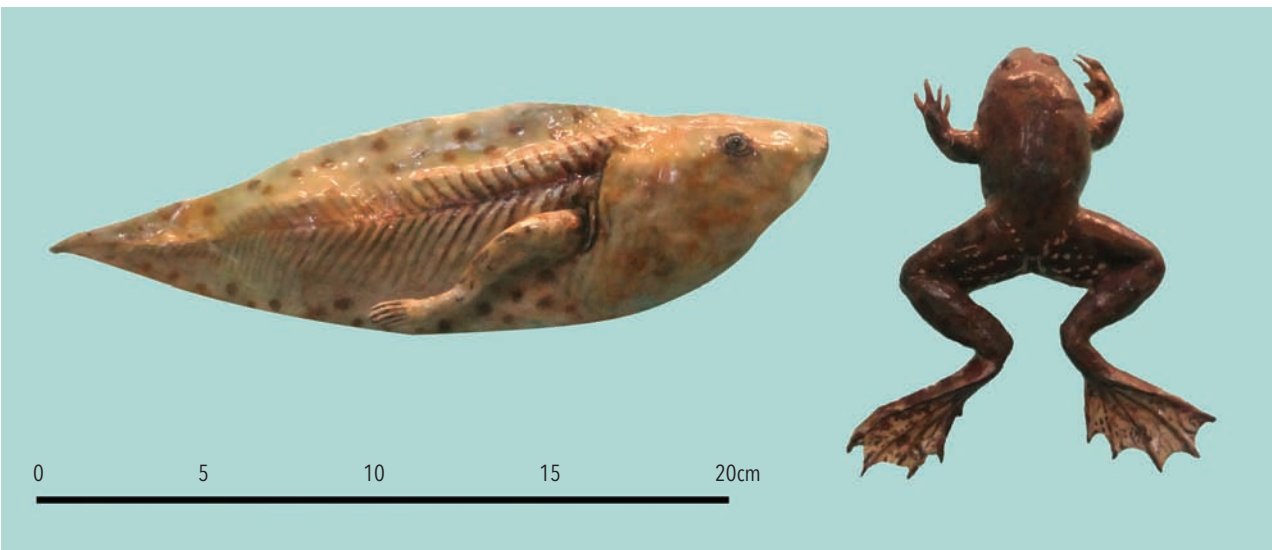
La metamorfosis incluye, entre otros sucesos, que ciertos genes se activen e inicien el proceso que desemboca en que algunas células de la larva se diferencien. La activación de genes específicos en una célula es el resultado de la acción de ciertas moléculas presentes en el espacio intercelular, muchas veces elaboradas por otras células, próximas o lejanas, y reconocidas por proteínas de la membrana celular, el citoplasma o el núcleo, llamadas *receptores*. Las más complejas larvas secundarias perciben las señales del am-

LA METAMORFOSIS DE LOS RENACUAJOS

En la época reproductiva, los anfibios anuros (ranas, sapos y escuerzos) machos para aparearse rodean a las hembras en un abrazo, llamado técnicamente amplexo; luego ambos depositan espermatozoides y óvulos, respectivamente, en el agua. Allí tiene lugar la fecundación y el desarrollo embrionario posterior que finaliza en la etapa larval, en la que el animal toma la forma de renacuajo.

Los renacuajos son acuáticos, no tienen patas sino una cola con la que nadan, y respiran por branquias. La metamorfosis de los renacuajos, en general más pequeños que los adultos de la misma especie, es un proceso complejo que implica cambios morfológicos, fisiológicos y de comportamiento asociados con la transición de una vida acuática a una parcial o totalmente terrestre. Los cambios externos más llamativos son la eliminación completa de la cola por apoptosis, y la formación de las patas anteriores y posteriores a partir de grupos de células indiferenciadas. Además, se producen importantes cambios internos, anatómicos y fisiológicos: la remodelación del tegumento, que se engrosa en los adultos, más independientes del agua, el acortamiento de hasta el 75% del intestino, asociado con el cambio de dieta de vegetales a animales, y la modificación del funcionamiento de los sistemas respiratorio (con la desaparición de las branquias), circulatorio, excretor y neurosensorial.

Una excepción al tamaño pequeño de sus renacuajos son las ranas sudamericanas de la especie *Pseudis paradoxa*, mencionada en el texto, que habita sistemas fluviales al este de la cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta la Argentina. Sus renacuajos alcanzan un largo total de 23cm, mayor que el del adulto luego de la metamorfosis. Su gigantismo parece ser consecuencia de la exposición prolongada de los renacuajos a la hormona prolactina.



Rana de la especie *Pseudis paradoxa*, que vive en cuerpos sudamericanos de agua dulce desde Venezuela al noreste argentino. Sus renacuajos (izquierda), más grandes que los adultos, son un ejemplo de larva secundaria, aunque excepcional por su tamaño.

Medusa *Aurelia aurita,* cuyo complejo desarrollo abarca una larva primaria, llamada *plánula*, una segunda forma llamada *pólipo* o *estróbilo* y finalmente la medusa. En el último paso, el cuerpo del pólipo se transforma en múltiples medusitas con forma de disco, llamadas *éfiras*, que se convierten más tarde en medusas adultas, como las de la figura, cuyo diámetro puede superar los 30cm.

biente por medio de sus sistemas nerviosos, y la metamorfosis se pone en marcha por la acción de hormonas, que actúan como señales intercelulares e intracelulares.

Las moléculas que regulan la metamorfosis de insectos y anfibios han sido estudiadas en detalle y se comprobó que en esos animales operan múltiples señales neuronales y hormonales, y numerosos receptores. Una misma hormona tiene diferentes efectos en distintos órganos de la larva, pues puede poner en marcha la muerte y absorción de tejidos larvales, el remodelado de tejidos larvales, el crecimiento y la diferenciación de nuevos tejidos del adulto, y la creación de nuevas funciones para estos. Así, en la metamorfosis de renacuajos a sapos o ranas adultos se observó un aumento en el tamaño de la glándula tiroides y de la concentración de la tiroxina, la hormona que esta produce, en coincidencia con un aumento del receptor de tiroxina ubicado en el núcleo de las células que se deben diferenciar.

Control de la metamorfosis en larvas primarias de invertebrados bentónicos

Dejando de lado a insectos, crustáceos y anfibios, el conocimiento de los caminos moleculares responsables de la metamorfosis es escaso y fragmentario. En la mayoría de los invertebrados con larvas primarias no se descubrieron hormonas vinculadas con esos drásticos cambios de forma y funcionamiento. Señales del ambiente ponen en marcha el proceso, aunque se conoce poco acerca del mecanismo de recepción de esas señales y la respuesta celular a ellas. Se sabe que algunas moléculas –llamadas *neurotransmisores* porque transmiten señales entre neuronas–, como la serotonina, lo mismo que el óxido nítrico, tienen un cometido en el inicio o en la represión de la metamorfosis en varios moluscos y en ascidias.

Nuevas evidencias apuntan a la existencia de hormonas que pueden regular la metamorfosis en determinados invertebrados marinos, como los dólares de mar (equinodermos del mismo grupo que los erizos de mar), cuyo desarrollo es afectado por la tiroxina, que si bien no son capaces de fabricar, adquieren al alimentarse de algas unicelulares que la producen.

¿Existe uniformidad en el control molecular de la metamorfosis?

La medusa *Aurelia aurita* pertenece a un grupo muy antiguo de animales que probablemente antecedió a la mayoría de los demás en la historia de la vida en la Tierra. Presenta un desarrollo muy complejo que incluye una larva primaria, llamada *plánula*, y dos estructuras corporales sucesivas, morfológicamente bien distintas (el *pólipo* y la *medusa*). La transición entre pólipo y medusa está finamente regulada por estímulos ambientales, muchas veces con claros ritmos estacionales, y consiste en un proceso llamado *estrobilación* durante el cual el cuerpo del pólipo se transforma en múltiples medusitas con forma de disco, llamadas *éfiras*, que nadan activamente y se convierten más tarde en medusas adultas.

Un reciente estudio del desarrollo de *Aurelia aurita* exploró las bases ancestrales de la regulación de la metamorfosis. Encontró que existen evidencias indirectas

de la existencia de una proteína, bautizada CL390, que actuaría como una hormona de estrobilación, descubrimiento llamativo porque, hasta el presente, el concepto de hormona estaba estrictamente asociado con un sistema circulatorio, del que las medusas carecen. La conclusión más importante del trabajo es que el mecanismo molecular de regulación de la metamorfosis podría ser muy antiguo y debía estar presente en el antepasado común de las medusas y los restantes animales. Esta hipótesis podría contribuir a resolver una antigua e inacabada discusión acerca de si el desarrollo del ancestro de los animales actuales fue directo o indirecto. CH

EL DESARROLLO ABREVIADO EN LOS CANGREJOS TERRESTRES

Los camarones y langostinos que se pescan en aguas del Mar Argentino comienzan su existencia como microscópicas —aunque complejas— larvas pelágicas secundarias llamadas *nauplius*. Estas criaturas tienen tres pares de apéndices. En sucesivas y numerosas transformaciones, algunas graduales pero otras abruptas, van agregando apéndices hasta alcanzar un total de 19 pares, con diferentes funciones vinculadas con los sentidos, la alimentación y la locomoción.

De los huevitos que llevan las hembras de los cangrejos marinos, en cambio, surgen unas larvas pelágicas llamadas *zoeas*, que tienen por lo menos seis pares de apéndices en el momento en que eclosionan. Los biólogos han demostrado que una forma equivalente a la nauplius, sin apéndices pero con tres pares de esbozos de ellos, existe brevemente en el interior de esos huevos. Esto se interpreta como una reducción en el número de larvas o una abreviación del desarrollo.

Luego de varias zoeas sucesivas (en general, entre dos y seis), cada una más grande que la anterior y con un aumento gradual en el número de apéndices, ocurre una primera metamorfosis que origina una larva con una forma radicalmente distinta, llamada *megalopa*, asociada con el fondo del mar pero que aún nada. Una segunda metamorfosis permite la transformación de la megalopa en un cangrejo juvenil, caminador, que gradualmente desarrolla los órganos reproductivos y se transforma en un adulto.

Los cangrejos de agua dulce, por su lado, suelen nacer con la forma de pequeños cangrejitos, y todo el desarrollo tiene lugar en el interior del huevo; en ellos la abreviación es máxima y su desarrollo puede calificarse como directo. Una investigación muy interesante efectuada en Jamaica permitió verificar cómo diferentes especies de cangrejos tienen desarrollos más abreviados (con menos etapas larvales) a medida que habitan ambientes de agua más dulce y más alejados del mar.

La mayoría de los cangrejos terrestres, por el contrario, no presentan desarrollo abreviado y sus hembras con huevos migran hacia el mar, donde los depositan y las larvas empiezan sus vidas. El caso más espectacular es el de la migración masiva anual de los bosques a las costas de los cangrejos rojos de la isla Navidad, Australia (*Gecarcoidea natalis*).

Cangrejo *Gecarcoidea natalis*, que vive en las islas Navidad y Cocos, en el océano Índico. Habita en los bosques y migra anualmente a la costa del mar para reproducirse. Puede medir unos 12cm. Foto John Tann, Wikipedia Commons.

LECTURAS SUGERIDAS

ARENAS-MENA C, 2010, 'Indirect development, transdifferentiation and the macroregulatory evolution of metazoans', *Philosophical Transactions of the Royal Society* B, 365: 653-669.

BISHOP CD *et al.*, 2006, 'What is metamorphosis?', *Integrative and Comparative Biology*, 46, 6: 655-661.

EMERSON SB, 1988, 'The giant tadpole of *Pseudis paradoxa*', *Biological Journal of the Linnean Society*, 34: 93-104.

FUCHS B *et al.*, 2014, 'Regulation of polyp-to-jellyfish transition in *Aurelia aurita*', *Current Biology*, 24: 263-273.

HOLSTEIN TW & LAUDET V, 2014, 'Life-history evolution: At the origins of metamorphosis', *Current Biology*, 24: R159-161.

Eduardo Spivak

Doctor en ciencias biológicas, UBA.
Investigador principal del Conicet.
Profesor titular del departamento de Biología, FCEYN, Universidad Nacional de Mar del Plata.
espivak@mdp.edu.ar

NOTICIAS INSTITUCIONALES

El CONICET inauguró el Observatorio Argentino – Alemán de Geodesia (AGGO)

Ubicado en el predio del IAR, cuenta con novedosos instrumentos de medición a través de los cuales formará parte de la infraestructura global para la observación de la Tierra.

Autoridades durante la inauguración del Observatorio. Foto: CONICET Fotografía.

Con la presencia del presidente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Dr. Roberto Salvarezza, quedó inaugurado el Observatorio Argentino – Alemán de Geodesia (AGGO) ubicado a 800 metros del predio del Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR), dependiente del CONICET, que pertenece a la Comisión de Investigaciones Científicas (CICPBA).

Estuvieron presentes también durante el acto de inauguración el ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Dr. Lino Barañao, la Secretaria de Estado del Ministerio Federal del Interior de Alemania, Dra. Cornelia Rogall-Grothe, el embajador de Alemania en Argentina, Dr. Graf von Waldersee, el presidente de la Agencia Federal de Cartografía y Geodesia de Alemania (BKG), Dr. Hansjörg Kutterer, el director de operaciones de AGGO, Dr. Hayo Hase, el coordinador científico general del proyecto AGGO, Prof. Claudio Brunini, el ministro de Producción, Ciencia y Tecnología de la provincia de Buenos Aires, Dr. Cristian Breitestein, el presidente de la CIC, Ing. Agr. José María Rodríguez Silveira, el presidente de la Universidad Nacional de La Plata, Lic. Raúl Perdomo y autoridades del CONICET.

"Hace casi cuatro años vi nacer este proyecto, cuando iniciamos negociaciones con la BKG, y sé del esfuerzo que hay detrás de este proyecto que permitió que hoy tengamos este observatorio que ubica a la Argentina en el sistema geodésico mundial", resaltó el Dr. Salvarezza.

Asimismo, el presidente del Consejo destacó que un tercio de la producción del CONICET se realiza en el marco de cooperación internacional, y puso de relieve el papel que Alemania juega en ese porcentaje de cooperación con Argentina, en sus distintas facetas: a través del Instituto de Investigación en Biomedicina de Buenos Aires (CONICET – Instituto Partner de la Sociedad Max Planck de Alemania), del Laboratorio Max Planck de Biología Estructural, Química y Biofísica Molecular de Rosario (MPLbioR), y del flamante observatorio inaugurado.

Lino Barañao, por su parte, destacó el valor simbólico del proyecto y de la cooperación internacional que lo enmarca: "Felicito al CONICET y a su contraparte alemana, y a todos los que fomentan la diplomacia científica, ya que la interacción entre diferentes países sobre la base de la ciencia es la mejor solución al fundamentalismo vigente, que lo único que hace es separar".

A su turno, la Secretaria de Estado del Ministerio Federal del Interior de Alemania repasó la historia del observatorio desde su creación hasta su instalación en el predio de la CIC, y expresó que "es muy importante que hayamos podido radicar este observatorio aquí, para resolver los marcos de referencia globales para el desarrollo sostenible, ya que hay una escasa cantidad de observatorios en el hemisferio sur".

En sintonía, el presidente de la Agencia Federal de Cartografía y Geodesia de Alemania (BKG) manifestó: "AGGO es una estación que por su equipamiento y ubicación será un elemento sustancial de la geodesia mundial. Estamos contentos de haber encontrado en CONICET un socio que aprecia la importancia de la geodesia, que es la medición y proyección de la superficie de la Tierra, aggiornándola a la época y a los cambios sustanciales que introducen los avances tecnológicos".

"Festejamos la inserción de Argentina en este proyecto global que nos ayudará a encontrar respuestas a problemas globales", dijo el embajador de Alemania en Argentina. Por último, el coordinador científico general del proyecto AGGO indicó que la geodesia moderna sufrió diversos cambios a lo largo de su historia, y que de lo que se trata ahora es de estudiar a un planeta que está "vivo: los océanos se mueven, hay terremotos, volcanes, tormentas. Este observatorio velará por el cuidado del planeta y va a alimentar con datos a toda la comunidad global".

Después de sus alocuciones, las autoridades procedieron al corte de cinta, el descubrimiento de una placa de inauguración y realizaron una recorrida por las instalaciones, reparando en los distintos instrumentos de medición que allí se apostaron.

AGGO es la contribución conjunta de la Argentina y Alemania a la red internacional de instrumentos geodésicos que soporta la infraestructura global de datos espaciales y contribuye a monitorear los procesos tectónicos y de cambio global. El Observatorio fue desarrollado y construido en Alemania con una inversión de 20 millones de euros, en tanto que las obras de infraestructura fueron abordadas por el CONICET con una inversión cercana a 10 millones de pesos.

UNA SALIDA IMPERDIBLE

El CONICET en Tecnópolis: cuando la ciencia está al servicio de la comunidad

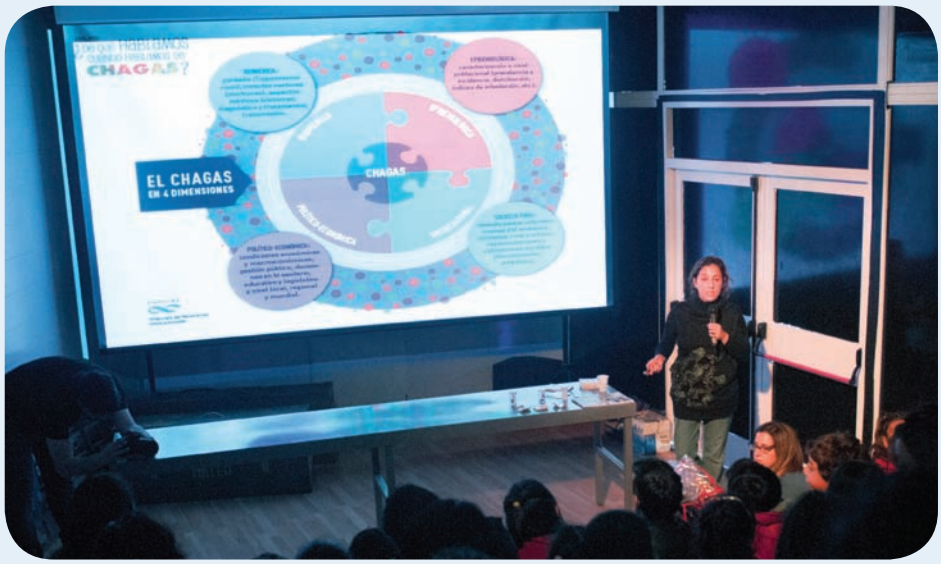
El espacio del Consejo en el Parque ofrece charlas a cargo de investigadores para que grandes y chicos se entretengan aprendiendo.

¿Qué tienen que ver los dinosaurios con los cristales, los láseres con el cerebro, la enfermedad de Chagas con la contaminación lumínica? Desde el 17 de julio pasado, mucho: esos temas y otros tantos son abordados en diferentes charlas que los investigadores del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) están brindando y seguirán brindando hasta octubre inclusive en el espacio institucional que el organismo tiene en la megamuestra de ciencia, arte y tecnología.

Desde la inauguración de Tecnópolis, la concurrencia fue récord. Durante el último sábado del fin de semana de las vacaciones de invierno, por citar un día, 420.000 personas pasearon por los 78 stands que componen el Parque. Y dentro del concurrido predio, la sala "Diálogos y Cine" fue y sigue siendo el lugar de encuentro entre los científicos del CONICET y el público, donde los temas más diversos son expuestos para que los espectadores –familias enteras y numerosas escuelas primarias y secundarias– conozcan a fondo algunas de las investigaciones científicas que se llevan adelante en el país.

Por ejemplo: "Creando cristales en casa o en el colegio" es uno de los talleres que brindaron los investigadores del CONICET Diego Lamas, Sebastián Klinke, Florencia Di Salvo y Griselda Narda, y el becario postdoctoral Sebastián Suárez. Luego de explicar qué es un cristal, la diferencia entre los cristales naturales y los artificiales, y de hacer preguntas cómo "¿sabían qué las copas de cristal no son cristales?", invitaron a grandes y chicos a divertirse aprendiendo con el crecimiento de cristales con elementos cotidianos como el azúcar o la sal. Un lujo muy curioso.

Otro día, Ezequiel Vera, investigador del CONICET y doctor en Biología, presentó su charla "Paleontología, mucho más que Jurassic Park". Utilizando imágenes de la película de Spielberg y otras relacionadas a la temática, analizó desde la ciencia cómo los reptiles fueron llevados a la pantalla grande. Explicó la conexión entre los dinosaurios carnívoros y las aves actuales, recomendó a los presentes a no desanimarse por los mitos derribados e incentivó a "seguir viendo películas de dinosaurios pero no quedarse con que en las películas hay ciencia, es ciencia ficción".



Mariana Sanmartino durante su charla sobre Chagas. Foto: CONICET Fotografía.

"Cuando me despierto, en un día común –comenzó diciendo en su charla el investigador Fabricio Ballarini, del Laboratorio de Memoria del Instituto de Biología Celular y Neurociencia "Prof. E. De Robertis" (IBCN, CONICET-UBA)–, yo desayuno, me transporto en colectivo, almuerzo, voy al laboratorio, ceno, voy a jugar al fútbol, me veo con mis amigos y duermo". ¿Por qué abrió su presentación detallando su rutina diaria? Es que Ballarini evocó insistentemente a que los visitantes ejerciten y prueben su memoria, tanto a corto como a largo plazo, a través de experiencias en vivo y en directo que planteaba a los asistentes. Con propuestas de actividades divertidas y originales, logró que se conociera cómo se generan los "falsos recuerdos" y cuán lábil es la atención de las personas.

En otra actividad, la Dra. Mariana Sanmartino, investigadora del Consejo en el Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos (IFLYSIB, CONICET-UNLP) e integrante del grupo "¿De qué hablamos cuando hablamos de Chagas", brindó una charla interactiva sobre el Chagas. "Es una enfermedad producida por un parásito microscópico denominado Trypanosoma cruzi, las vinchucas lo transmiten. Pican, se alimentan de sangre y al mismo tiempo defecan (en la material fecal se encuentra el parásito). La gente se rasca y el parásito ingresa y circula por el corriente sanguíneo. La enfermedad afecta principalmente al corazón, el esófago y el colón", explicó Sanmartino. Y agregó: "Si bien falta mucho por saber acerca de esta enfermedad, la idea de la charla es que nos llevemos el compromiso de hablar sobre el tema". El objetivo fue desmitificar algunas cuestiones que circulan alrededor del Chagas, como ser "la enfermedad de los pobres" e hizo referencia a la existencia de una Ley de prevención y control del Chagas.

A su turno, Hernán Grecco, físico e investigador del CONICET, brindó la charla "De Ushuaia a La Quiaca (en un cable de luz)", en la que describió a la luz como fundamental para la vida y central para el mundo que nos rodea. "Áreas tan importantes como la energía, la educación, la salud, el almacenamiento de datos y la comunicación se valen de la luz como herramienta. Esto es posible gracias al trabajo que muchas comunidades

hicieron durante siglos para apuntalar y refinar nuestro entendimiento de la luz y su manipulación", expresó el físico. La charla se enmarcó en el Año Internacional de la Luz, declarado por la UNESCO en 2015. En esta exposición ilustrada con experimentos sencillos se contaron algunos de estos fundamentos y aplicaciones.

También, un día, el paleontólogo Fernando Novas, investigador del CONICET, presentó en sociedad al "misterioso dinosaurio del jurásico", el Chilesaurus diegosuarezi, último hallazgo de su equipo del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia". Novas comentó cómo un niño chileno de 7 años fue quien descubrió al Chilesaurus. Miembros de su equipo contaron pormenores de cómo fue la exploración que emprendieron para completar la búsqueda de los rastros del dinosaurio jurásico. Mostraron, en paralelo, fotos y diapositivas alusivas a los distintos momentos comentados. También contaron el emotivo momento en que decidieron remitir el descubrimiento a la importante revista científica "Nature", y describieron, al tiempo, cómo se enteraron de que su noticia estaría en la tapa de la misma. Por último, y para deleite de los presentes, mostraron en vivo y en directo una réplica a tamaño real del impresionante dinosaurio. Eso y mucho más, pasó y está pasando en el espacio del CONICET en Tecnópolis. Si todavía no fuiste, aún estás a tiempo.

La dirección de Tecnópolis es Colectora Gral. Paz entre Av. Balbin y Av. De los Constituyentes, Vicente López, Argentina. Abierto de miércoles a domingo, de 12 a 20 hs con entrada gratuita.

VINCULACIÓN TECNOLÓGICA

Calefacción accesible y de primer nivel

Especialistas del CONICET y del INTI promueven el desarrollo y la autoconstrucción de una estufa de bajo costo y de alto rendimiento.

Por Alejandro Cannizzaro

¿Cómo calefaccionar mejor los hogares de las poblaciones más vulnerables? Esa fue la pregunta que motivó a un grupo de investigadores, docentes y alumnos de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires (FADU), a trabajar en colaboración con técnicos y profesionales de las áreas Energía y Tecnologías Sustentables del INTI para encontrar una respuesta conjunta que dé solución a un problema prioritario.

"Entre estos dos grupos de investigación y desarrollo en tecnologías sociales, formamos un equipo multidisciplinario para la creación de un artefacto que pueda ser construida por cualquier persona con mínimos conocimientos, siguiendo instrucciones de un manual muy accesible", explica Rodolfo Rotondaro, investigador independiente del CONICET en FADU. La estufa Social Argentina de Alto Rendimiento (SARA), es más económica que cualquiera similar disponible en el mercado, se fabrica a partir de materiales accesibles como el adobe que mantiene el calor en el ambiente por más tiempo que las estufas comunes y su sistema de doble combustión permite quemar la leña de forma más eficiente y limpia.

Investigadores, docentes y alumnos trabajaron junto técnicos y profesionales para desarrollar la estufa social argentina de alto rendimiento.

Rotondaro cuenta que el primer prototipo de SARA fue diseñado por ambos grupos de investigación y se construyó en INTI-Energía evaluando las necesidades de las familias que no tienen acceso a una calefacción adecuada mínima con funcionamiento seguro que permita el control de humos y evite situaciones de riesgo habituales de los braseros y estufas caseras rudimentarias y peligrosas a la vez.

El manual de transferencia, editado y publicado por INTI, se encuentra disponible en Internet y es una guía práctica que orienta la autoconstrucción de la estufa que puede realizarse con materiales que pueden obtenerse en cualquier geografía y clima o producirse a escala doméstica en poco tiempo, como los ladrillos de adobe que forman parte de la estructura de la estufa.

La posibilidad de poder construir un sistema de calefacción de alto rendimiento y a bajo costo es también una herramienta más para combatir el frío en aquellas regiones del país en las que las temperaturas son muy bajas en invierno o durante la noche.

"Nuestro sistema de Ciencia y Tecnología está perfectamente capacitado y tiene recursos humanos de muy alto nivel de diseño para poder aportar soluciones regionales a estas problemáticas, atendiendo a los recursos disponibles", agrega.

Rolando González-José, investigador del CONICET y Director del Centro Nacional Patagónico (CENPAT-CONICET), destaca la necesidad de impulsar el desarrollo de SARA en las regiones más frías del país. "Se trata de un ejemplo concreto en que las instituciones de ciencia y tecnología como el INTI, el CONICET y la UBA no sólo están

volcando sus avances a la sociedad, sino que lo están haciendo con el foco puesto en los sectores más vulnerables, con una fuerte mirada inclusiva".

Las tres ventajas de SARA

Según describe el manual tiene algunas características que la hacen más efectiva, segura y sustentable.

- Masa térmica. Está construida con ladrillos de adobe que tienen gran capacidad para acumular calor. Aun estando apagada, sigue entregando calor al ambiente. Es apropiado en zonas frías donde se requiere calefacción estable sobre todo durante la noche y la madrugada.
- Doble combustión. Permite quemar de una forma más limpia y aprovechar mejor la leña. Esto permite un uso más eficiente del combustible reduciendo al mínimo los efectos tóxicos generados por la quema de combustibles.
- De alto rendimiento. Transmite al ambiente interior más del 70 por ciento del calor entregado por la combustión de la leña. Las estufas comunes como las salamandras de hierro transmiten apenas entre 30 a 50 por ciento.

CIENCIAS BIOLÓGIAS Y DE LA SALUD

Una vuelta más en la oreja

Investigadores del CONICET colaboraron en la identificación de marcadores genéticos que determinan el aspecto del pabellón auditivo. Fue publicado hoy en la prestigiosa revista Nature Communications.

Científicos argentinos participaron del estudio que identificó los marcadores genéticos que determinan el aspecto del pabellón auditivo. Foto: CONICET Fotografía.

Por Alejandro Cannizzaro

Un grupo de científicos que conforman el Consorcio para el Análisis de la Diversidad y Evolución de Latino América, (CANDELA), detectó siete regiones del genoma humano que están asociadas con cambios en la forma del pabellón auditivo. "Este hallazgo es importante por varios motivos. En primer lugar, porque aporta información valiosa que podría servir para prevenir y tratar malformaciones y por otro lado nos ayuda a comprender su evolución, particularmente ligada a la termorregulación, la percepción acústica y la localización del sonido", explica Rolando González-José, investigador independiente en el Centro Nacional Patagónico (CENPAT-CONICET).

El pabellón auricular es una estructura compleja compuesta por cartílago y piel. En las regiones genéticas estudiadas por los científicos se encuentran el gen receptor de la Ectodisplasina A (EDAR), una de cuyas funciones es regular el desarrollo de la piel, y el gen de la proteína T-Box 15, que tiene un rol en el desarrollo del esqueleto.

"Entre otros aspectos, los atributos que nos interesaban estudiar eran el enrollamiento del borde del pabellón, su inserción con el cráneo, estructuras complejas del cartílago como el tragus y la protrusión del pabellón (cuánto se separa la oreja de la cabeza)", cuenta González-José.

Para realizar la investigación, publicada en la revista científica *Nature Communications*, se tomaron muestras de más de 5 mil voluntarios de países Latinoamericanos (Chile, Colombia, Brasil, México y Perú) y los resultados encontrados en humanos se comprobaron luego en ratones de laboratorio.

Virginia Ramallo es investigadora asistente del CONICET y junto con Caio Cesar Silva de Cerqueira, becario postdoctoral del Consejo, ambos del CENPAT, fueron los encargados de recolectar muestras en Brasil. "Se tomaron datos fenotípicos, muestras de ADN y quince fotografías del rostro y la cabeza en a 5.062 personas en diferentes ciudades", aseguran.

Las observaciones detectadas en humanos fueron luego comparadas en ratones de laboratorio con el gen EDAR inactivado o sobre-expresado. "A través de fotografías, se analizaron la región lateral izquierda y la parte superior de la oreja. En cada imagen fueron colocados puntos de referencia para poder capturar la forma en cada ratón analizado. Por ejemplo, en la fotografía de la vista superior se pudo analizar la protrusión por medio de ángulos y distancias. La fotografía lateral permitió analizar el cambio morfológico en los otros rasgos", explica Silva de Cerqueira.

La colecta de datos en humanos sigue un protocolo estandarizado en todos los países en los cuales se realizan los estudios. La información recolectada en cada lugar integrará una única base, que actualmente incluye más de 7.500 voluntarios.

Si bien en Argentina no se tomaron muestras, para Ramallo el rol que desempeñan los investigadores argentinos en el consorcio CANDELA resulta fundamental. "Aquí se desarrolla el análisis de morfometría geométrica, lo que incluye el procesamiento digital de todas las fotografías de los voluntarios y el posicionamiento de landmarks o puntos de coordenada para estudiar las estructuras anatómicas faciales. Esto permite identificar variantes genéticas de interés para el estudio de malformaciones congénitas".

Para Rolando González-José, el próximo paso que debe darse es la recolección de una base de datos genéticos, de antecedentes de enfermedades, fenotípicos y de estilo de vida que permitan consolidar una gran base de referencia en nuestro país. "Argentina cuenta con una historia evolutiva y un patrón de estilo de vida únicos e irrepetibles, como cualquier país Latinoamericano. Es esta información de base la que necesitamos consolidar en una muestra de referencia nacional, que sirva como un insumo básico para una investigación biomédica de largo plazo y soberana", concluye.

El puerto de Mar del Plata, donde hace quince años se advirtió por primera vez en la costa atlántica de América del Sur, en caracoles de las especies *Buccinanops monilifer* y *Adelomelon brasiliana*, el fenómeno de impostación sexual, habitualmente llamado *imposex* en la literatura científica.

Gregorio Bigatti, Andrés Averbuj, Mónica A Primost, Sebastián Giulianelli
Centro Nacional Patagónico, Conicet

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

Contaminación costera y masculinización de caracoles marinos

Durante el año 2000, mientras llevaba a cabo estudios sobre aspectos reproductivos de una de las especies de caracoles marinos más frecuentes en la zona costera de Mar del Plata, el caracol tuberculado (*Buccinanops monilifer*), uno de los autores de este trabajo (entonces estudiante de la licenciatura en ciencias biológicas), encontró solo machos en un primer examen de una muestra de 43 ejemplares, a pesar de tratarse de una especie en la que están presentes machos y hembras. Si bien todos los especímenes tenían pene, un estudio más detallado reveló que también había hembras, pero mostraban un avanzado desarrollo externo de caracteres sexuales masculinos: les había crecido un pene pero seguían siendo internamente hembras, con ovarios que continuaban funcionando normalmente.

Quedó así identificado por primera vez en la costa atlántica de América del Sur el fenómeno de impostación sexual, habitualmente llamado *imposex* en la literatura científica. El hallazgo fue dado a conocer en 2001 en la revista indicada entre las lecturas sugeridas. Desde entonces, se constató la anomalía en más de diez especies de caracoles marinos en todos los puertos de la costa argentina o sus cercanías.

¿DE QUÉ SE TRATA?

El uso de ciertas pinturas antiincrustantes en embarcaciones tiene consecuencias negativas para los caracoles marinos, para otros organismos e incluso para los seres humanos. Por su gran sensibilidad a esos productos, dichos caracoles constituyen buenos indicadores de contaminación.

Especies de caracoles marinos de la costa atlántica argentina encontrados con *imposex* en los últimos quince años y sitios donde se los encontró.

Especie	Nombre vulgar	Sitios
Adelomelon ancilla	Caracol violeta	Puerto Madryn, Camarones, Ushuaia
Adelomelon beckii	Caracol gigante	Proximidades del puerto de Mar del Plata
Adelomelon brasiliana	Caracol negro	Proximidades del puerto de Mar del Plata
Adelomelon ferussacii	Voluta austral	Puerto Santa Cruz
Buccinanops cochlidium	Caracol escalonado	Puerto de Mar del Plata
Buccinanops globulosus	Caracol globoso	San Antonio Este y Oeste, Puerto Madryn, Puerto de Rawson, Caleta Córdova
Buccinanops monilifer	Caracol tuberculado	Puerto de Mar del Plata
Odontocymbiola magellanica	Caracol rojo	Puerto Madryn, Camarones, Ushuaia
Olivancillaria deshayesiana	Oliva globosa	Puerto de Mar del Plata
Paraeuthria plumbea	Caracol turbinado	Camarones, Caleta Córdova, Puerto Deseado, Puerto San Julián, Puerto Santa Cruz, Ushuaia
Prunum martini	Caracol porcelana	San Antonio Este y Oeste
Trophon geversianus	Trofon	Puerto Madryn, Puerto Deseado, Ushuaia
Xymenopsis muriciformis	Caracol blanco	Ushuaia

Principales puertos de la costa atlántica argentina donde se han encontrado diversas especies de caracoles con variable intensidad de *imposex*.

El problema

Para prevenir la adhesión de organismos al casco de las embarcaciones y a estructuras sumergidas, desde hace décadas se utilizan pinturas antiincrustantes que contienen compuestos sintéticos tóxicos, el más efectivo de los cuales es el tributil estaño (o TBT, por *Tributyltin* en inglés). Afecta a animales y algas incrustantes, a los que está dirigido, pero también a otros habitantes del mar. En zonas portuarias su acción resulta particularmente evidente, ya que el TBT alcanza altas concentraciones en aguas y sedimentos del fondo debido al elevado tráfico de embarcaciones.

El TBT no existe en forma natural: es un compuesto creado y producido por la investigación y la industria química. Su gran eficacia y relativo bajo costo han favorecido su utilización masiva, no solo como componente de pinturas, sino también para preservar maderas y en la industria de los plásticos. Presenta además dos características que aumentan su poder tóxico: se degrada en forma lenta en el ambiente y tiene afinidad con los tejidos animales, en especial aquellos que contienen grasas. En menos de cinco años desde que comenzó a producirse y utilizarse masivamente en la década de 1970 se advirtieron sus efectos en invertebrados marinos, el primero de los cuales fue la deformación de las valvas de una ostra comestible que se registró en el suroeste de Francia, en la bahía de Arachon.

La segunda repercusión del TBT, ya estudiada en todo el mundo en hembras de caracoles marinos, fue el *imposex*. En

las hembras afectadas por esa anomalía se desarrolla un pene y a veces también un conducto que en los machos conduce los espermatozoides desde el testículo hasta el pene, llamado *vaso deferente*. Tal formación de caracteres sexuales masculinos no implica un cambio de sexo, pues las hembras continúan generando gametas viables en sus ovarios. Como regla general, el fenómeno aparece en zonas portuarias con alto tráfico marítimo y, si bien existe consenso en atribuirlo a la presencia de TBT, otros compuestos menos contaminantes también pueden generar efectos negativos en los caracoles.

Como consecuencia, algunos países como Francia, Japón y Australia prohibieron tempranamente el uso de TBT, y en 2008, después de años de debate y acumulación de evidencia, la Organización Marítima Internacional (OMI) recomendó su prohibición en todos los países en embarcaciones de gran porte. La Argentina reguló su uso en 1998 y lo excluyó de pequeñas embarcaciones, aunque no ha puesto en vigencia la prohibición mundial pedida por la OMI. A pesar de dicha prohibición, el TBT se sigue produciendo en países desarrollados y vendiendo en otros donde los controles son escasos. En adición, resulta muy difícil fiscalizar su uso en pinturas de embarcaciones de gran calado que circulan por todo el mundo.

Se ha detectado TBT en organismos de diferentes especies, desde algas e invertebrados hasta vertebrados, incluso seres humanos. Sus efectos abarcan deformaciones en las valvas de moluscos, el mencionado *imposex*, cambios celulares y mortandad aguda en invertebrados, problemas respiratorios y alteraciones fisiológicas en vertebrados, y obesidad en ratones. En humanos se asocia con irritación de la piel, afecciones al sistema nervioso y alteraciones in-

Izquierda, arriba: caracol violeta (*Adelomelon ancilla*) en la costa cercana a Puerto Madryn, con dos anémonas sobre la concha. Foto Soledad Zabala
Izquierda, abajo: caracol rojo (*Odontocymbiola magellanica*), una especie muy común en las costas patagónicas.
Derecha: concha de caracol gigante (*Adelomelon beckii*), el caracol marino de mayor tamaño de la Argentina (puede alcanzar los 50cm de longitud).

Arriba: oliva globosa (*Olivancillaria deshayesiana*), común en las costas de Mar del Plata.
Abajo: caracol negro (*Adelomelon brasiliana*), muy abundante en la costa bonaerense, que pone huevos gigantes a menudo vistos en playas arenosas.

munológicas. Por otro lado, hay que tener en cuenta que en las zonas portuarias existe también contaminación por otros compuestos, como hidrocarburos y metales, que podrían igualmente ser responsables de alteraciones fisiológicas o morfológicas en los seres vivos.

Algunas de las especies de caracoles estudiadas en la Argentina son consumidas por los habitantes de zonas costeras e identificadas como un recurso pesquero alternativo en las costas patagónicas. Sin embargo, no existen hasta el momento reglamentaciones de manejo de pesquerías de caracoles marinos, ni de su seguridad sanitaria como alimento.

Mecanismo de acción del TBT

Se han planteado varias hipótesis para explicar cómo se produce el *imposex* en presencia de TBT. La primera es un aumento de los niveles de hormonas asociadas con el desarrollo de caracteres sexuales masculinos como resultado de la inhibición en la actividad de una enzima llamada aromatasa en las hembras expuestas al contaminante. La aromatasa es una enzima clave en la síntesis de hormonas femeninas. Otra explicación es que el crecimiento de un pene se debería al incremento en la producción y liberación de una molécula denominada APGWamida en presencia de TBT, que se supone fundamental en el desarrollo de los caracteres sexuales masculinos.

Una tercera hipótesis implica la acción de un receptor celular llamado retinoides X (RXR). El TBT tiene la capacidad de competir con la hormona endógena que se une naturalmente a ese receptor y de unirse también a él, cosa que le permitiría ingresar al núcleo celular, inducir o reprimir la expresión de ciertos genes clave y llevar a un aumento en la proliferación de células capaces de formar el pene en las hembras. Aunque estos mecanismos aún se encuentran en estudio, según los trabajos científicos publicados esta última hipótesis parece la más probable y es la que se está estudiando actualmente en el Centro Nacional Patagónico en Puerto Madryn.

Conocer el mecanismo de acción de estos compuestos es crucial para evaluar sus consecuencias sobre el ambiente y la salud humana. Se considera que el TBT es un *perturbador endocrino*, nombre que se da a sustancias naturales o industriales que, liberadas al ambiente, interactúan con los receptores hormonales de un organismo y alteran el funcionamiento de su sistema endocrino. El efecto de los perturbadores endocrinos varía según la especie, la edad y el tipo de vida de los organismos. Ciertos contaminantes presentes en zonas costeras son mayormente solubles en grasas, lo cual les otorga gran persistencia en los ecosistemas y la capacidad de difundirse por las cadenas alimentarias e irse

Caracol globoso (*Buccinanops globulosus*), especie muy propensa a desarrollar imposex y muy común en la zona intermareal de las costas de la Patagonia, donde es capturado por pescadores artesanales para ser consumido.

acumulando, fenómeno denominado *bioacumulación*. Por ello, aun en bajas concentraciones en el ambiente, los contaminantes pueden producir efectos adversos para humanos y otros organismos situados el tope de la cadena alimentaria.

Conclusiones

Los organismos afectados por la presencia de contaminantes sirven como indicadores de la salud ambiental; se los denomina *bioindicadores* y constituyen una herramienta de gran valor para evaluar los problemas de contaminación. Los moluscos están entre los bioindicadores más utilizados para ese propósito. Así, el *imposex* en caracoles marinos constituye un buen indicador de la presencia de TBT en el ambiente, incluso en concentraciones bajas, entre otras razones porque muchas especies son muy sensibles debido a su reducida capacidad de metabolizar eficazmente el compuesto tóxico.

Las investigaciones recientes apuntan a la búsqueda de pinturas con sustancias antiincrustantes distintas del TBT, por ejemplo, capsaicina, irgarol, trifenil borano piridina, diuron y otras, pero estudios preliminares demostraron que algunas son igualmente tóxicas

LOS CARACOLES DE LAS COSTAS ARGENTINAS

Los caracoles (o gasterópodos) son moluscos comestibles, igual que los calamares, los pulpos y las almejas. En la Argentina los calamares constituyen el tercer recurso pesquero más explotado, después de la merluza y el langostino; en cambio, son escasas las capturas declaradas de caracoles y así ha sido desde la década de 1950. En otros países, en cambio, el caracol marino es un recurso importante, y representa aproximadamente el 2% de la pesca mundial de moluscos. Su consumo local se da mayormente en las provincias patagónicas y en comunidades asiáticas de Buenos Aires.

La Argentina tiene una gran diversidad de caracoles, con muchas especies distribuidas en todos los ambientes marinos, aunque las consumidas o capturadas con fines comerciales son alrededor de diez, que se destacan por su tamaño y palatabilidad. Los caracoles marinos constituyen un recurso pesquero que podría ser complementario en pesquerías artesanales (como la de vieira) pero, debido a que son animales muy frágiles, es conveniente reglamentar su captura y monitorear su calidad sanitaria.

Caracol escalonado (*Buccinanops cochlidium*), que tiene alta fecundidad en la Patagonia, además de gran potencial pesquero.

para los invertebrados marinos. También se explora recurrir a compuestos naturales que evitan las incrustaciones, propios de ciertas algas, esponjas y bacterias.

El monitoreo del TBT y otros contaminantes en las zonas portuarias es necesario para evaluar el estado sanitario de los caracoles, controlar si es efectiva la prohibición de dicho contaminante y conocer su grado de bioacumulación en las cadenas alimentarias marinas, en especial en las especies capturadas en muelles y puertos con fines alimentarios. CH

LECTURAS SUGERIDAS

BIGATTI G *et al.*, 2009, 'Contamination by TBT and imposex biomonitoring along 4700km of Argentinean shoreline', *Marine Pollution Bulletin*, 58: 695-701.

—, 2014, 'Situación de la contaminación en las costas del sur de Brasil, Uruguay y la Argentina luego de la prohibición mundial de TBT', en Goso C (ed.), *Nuevas miradas a la problemática de los ambientes costeros*, DIRAC, Montevideo.

PENCHASZADEH PE, **AVERBUJ A & CLEDÓN M**, 2001, 'Imposex in gastropods from Argentina', *Marine Pollution Bulletin*, 42: 790-791.

Gregorio Bigatti
Doctor en biología, UBA.
Investigador independiente del Conicet en el Centro Nacional Patagónico.
Profesor adjunto, UNPSJB.
gbigatti@cenpat-conicet.gob.ar

Andrés Averbuj
Doctor en biología, UBA.
Investigador asistente del Conicet en el Centro Nacional Patagónico.

Mónica A Primost
Doctora en biología, UNLP.
Becaria posdoctoral del Conicet en el Centro Nacional Patagónico.
primost@cenpat-conicet.gob.ar

Sebastián Giulianelli
Doctor en biología, UBA.
Investigador asistente del Conicet en el Centro Nacional Patagónico.
giulianelli@cenpat-conicet.gob.ar

Pablo E Penchaszadeh
Doctor en biología, UBA.
Investigador superior del Conicet en el Museo Argentino de Ciencias Naturales.

Irina Kovalskys
Universidad Favaloro

Obesidad infantil

Desde hace algunas décadas, los expertos en salud pública y nutrición reconocen que algunos problemas nutricionales en apariencia contrapuestos, como la malnutrición y la obesidad, en realidad son dos caras de la misma moneda. Si bien la desnutrición sigue causando estragos en los países pobres, la obesidad es la condición de salud que mayores costos genera mundialmente. La existencia de ambos trastornos indica que el mundo está fallando en proveer a la población una alimentación sana y segura, sustentable tanto para el ambiente como para la sociedad. Una buena nutrición, sobre todo en el caso de los niños, depende de factores biológicos, sociales y ambientales. El remedio de la obesidad no reside solo en comer menos o hacer más ejercicio, sino que debe buscarse en un contexto más amplio, que entre otras cosas incluye las condiciones de vida, la cultura, la economía, la biología y la organización social.

En 2013 Naciones Unidas promovió un foro internacional para debatir el tema, celebrado en Nueva York. A comienzos de 2014 la directora general de la Organización Mundial de la Salud, Margaret Chan, anunció la creación de una comisión internacional para luchar contra la obesidad infantil en el mundo. Estas iniciativas se han sumado a esfuerzos de investigación que procuran entender las causas del aumento de peso de las poblaciones y las consecuencias que tiene, entre ellas mayor incidencia de enfermedad cardiovascular, diabetes, hipertensión arterial y otras dolencias crónicas no transmisibles.

Transición nutricional

Se da el nombre de transición nutricional a la modificación de hábitos alimentarios y de gasto de energía que acompaña determinados cambios económicos y sociales. Así, se ha observado que la población de los países más pobres, con el aumento de sus ingresos, sustituye su dieta tradicional con alto contenido de cereales y fibras por

¿DE QUÉ SE TRATA?

Un niño con sobrepeso u obesidad es en apariencia saludable. Pero la evidencia científica indica que enfrenta mayor probabilidad de padecer diversos trastornos médicos a lo largo de su vida, incluso una menor duración de esta.

otra abundante en azúcares, grasas y productos de origen animal, semejante a la de países más ricos.

Algunas de las consecuencias de esa transición son:

- Disminuye la mortalidad infantil y la desnutrición aguda, gracias a mayor control de las infecciones y de la diarrea en los primeros cinco años de la vida.
- Pero sigue presente la malnutrición infantil, reflejada más en déficit de talla que de peso. Mundialmente, unos 235 millones de niños menores de cinco años –uno de cada cuatro de esa edad– padecen ese déficit, el 70% de ellos en países de ingresos medios. Los episodios infecciosos gastrointestinales y respiratorios retardan el crecimiento de algunos niños.
- A pesar de ingerir más calorías, los niños siguen con anemia y déficit de micronutrientes, como hierro y vitamina A, que frecuentemente no producen síntomas y no son detectados.
- Se registra mayor prevalencia de obesidad y de enfermedades crónicas no transmisibles.

El retraso de crecimiento se asocia con problemas en el aprendizaje y en la visión, inadecuada autoestima y exclusión social. Por ello ese retraso es uno de los indicadores con los que se puede medir la desigualdad. Según datos del Banco Mundial, llegada la edad laboral, la desnutrición crónica temprana redunda en salarios más bajos y puede costar a los países hasta el 11% del PBI por la menor productividad de esas personas.

La coexistencia durante la infancia de desnutrición (medida por la menor talla) y obesidad es un fenómeno de los últimos tiempos en los países en vías de desarrollo, incluida América Latina. Fue descripto en la publicación *La obesidad en la pobreza: un nuevo reto para la salud pública*, indicada entre las lecturas sugeridas.

Inseguridad alimentaria

Se dice que gozan de seguridad alimentaria quienes tienen acceso permanente a alimentos sanos, seguros y nutritivos para cubrir sus necesidades y preferencias alimentarias y llevar una vida activa y saludable. La inseguridad alimentaria, en consecuencia, excede el insuficiente consumo de alimentos por falta de recursos y comprende aspectos cualitativos, culturales y educativos relacionados con los alimentos.

Las poblaciones más pobres habitualmente carecen de nutrientes a pesar de tener acceso a alimentos, porque los más baratos de estos suelen contener mayor porcentaje de grasa con relación a los más costosos, que por lo general son más magros y nutritivos.

Malnutrición fetal y obesidad

Estudios poblacionales de adultos europeos cuyo período de gestación aconteció durante la Primera Guerra Mundial, cuando había escasez de alimentos, hallaron una asociación entre malnutrición fetal y obesidad. A igual conclusión arribaron resultados experimentales.

Ello se debe a que la falta de nutrientes durante la gestación conduce a generar, por parte del bebé, respuestas adaptativas que, durante la vida posnatal, llevan a un mayor consumo de alimentos, al sedentarismo y al sobrepeso. Así, se ha constatado que niños con retraso de crecimiento intrauterino por malnutrición materna aumentaron excesivamente su grasa corporal y desarrollaron sobrepeso a la edad de once años. Esto hizo que tuvieran 5,5 veces más riesgo de padecer de enfermedad cardiovascular e infarto del miocardio que niños de crecimiento fetal y peso al nacer normales.

La importancia de los primeros 1000 días

El lapso comprendido entre la concepción y el fin de los dos primeros años de la vida extrauterina de un niño es conocido como los primeros 1000 días. En los últimos años, ese período perinatal ha merecido la atención de la ciencia, de instituciones sociales y de organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud y la Organización Panamericana de la Salud, entidades que han puesto énfasis en la importancia de que haya una suficiente pero no excesiva cantidad de nutrientes, en el cuidado del embarazo, de la salud materna, en el soporte social y la educación de las madres, la promoción de la lactancia y la prevención de enfermedades asociadas con los primeros dos años de vida.

La obesidad

Según la Organización Mundial de la Salud, el sobrepeso y la obesidad se definen como una excesiva acumulación en el organismo de tejido adiposo o grasa que altera la salud. En líneas generales, se habla de sobrepeso cuando el índice de masa corporal (el peso en kg dividido por el cuadrado de la altura en metros) de un adulto supera el valor de 25; por encima de 30 es obesidad. Las complicaciones de la salud más extendidas originadas en esas condiciones se relacionan con la alteración del metabolismo de los hidratos de carbono o azúcares y de las grasas. Aproximadamente 3,4 millones de adultos mueren cada año en el mundo como resultado de ellas, más que por desnutrición. Además, ocasionan grandes

gastos a los sistemas de salud de los países. Se ha estimado —sobre la base de las cifras del año 2000, en el que había unos 84 millones de diabéticos— que en 2030 esa enfermedad afectará mundialmente a 228 millones de individuos, principalmente en países en desarrollo, es decir, una dolencia que los obesos tienden a adquirir habrá aumentado unas 2,7 veces en treinta años. Se calcula que en la Argentina una de cada dos mujeres en edad fértil tiene sobrepeso u obesidad, lo mismo uno de cada tres niños a los diez años, según la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud 2005.

Los hijos de ambos padres con sobrepeso tienen cuatro veces más probabilidades de padecerlo que aquellos cuyos padres tienen peso normal. La obesidad se traslada a través de las generaciones, lo mismo que sus causas y sus consecuencias.

Obesidad en la infancia

Un niño con sobrepeso u obesidad es en apariencia un niño saludable que solo tiene en su organismo una acumulación de tejido adiposo mayor que la de otros. Pero estudios de ecografías de las arterias del cuello de esos niños han revelado que desde temprana edad el grosor de la pared de su arteria carótida aumenta de forma directamente proporcional al grado de obesidad.

Mediciones de glucosa en la sangre hechas para analizar el metabolismo de los azúcares revelaron valores alterados en niños obesos, especialmente en aquellos con una distribución central del tejido adiposo, es decir, cuya acumulación de grasa se localiza en torno a la cintura más que en el resto del organismo. Esa alteración temprana comienza con aumento de insulina, hormona de origen pancreático que regula el metabolismo de los hidratos de carbono y cuya funcionalidad se altera ante un mayor porcentaje de grasa corporal.

Los depósitos centrales de grasa pueden ser subcutáneos o —más riesgosos— intraviscerales. Además, existen distintos tipos de células y tejidos grasos que también determinan diferente nivel de riesgo.

Las alteraciones que se producen tempranamente en los niños no saltan a la vista, y tampoco las revela el examen clínico del pediatra. Suelen incluir aumento del colesterol y los triglicéridos, hipertensión arterial, mayor depósito de grasa en el hígado y cambios en la función de algunos órganos y tejidos, que no generan daño a la salud en las primeras etapas pero sí a lo largo de la vida, sobre todo si se gana peso adicional. Pero, por lo menos en las primeras etapas, todas las alteraciones que produce la grasa son reversibles con la eliminación del sobrepeso.

¿Enfermedad?

Una discusión actual en las sociedades científicas es si la obesidad debe ser clasificada como enfermedad. En 2013 la American Medical Association adoptó el criterio de reconocerle ese carácter y definirla como una acumulación de grasa corporal que incrementa el riesgo de adquirir otras dolencias y reduce la capacidad funcional, la calidad y la expectativa de vida. También entendió dicha entidad médica que no existen otros síntomas que caractericen al total de individuos obesos, y que la obesidad requiere tanto tratamiento como prevención. Esa categorización tiene importantes consecuencias en materia social y económica, pues crea derechos y obligaciones.

Sin embargo, en otros aspectos no se ha llegado a un acuerdo, no por discrepancias sobre la obesidad, sino por la ausencia de una clara y aceptada definición científica del término 'enfermedad'. Hay consenso, sin embargo, sobre el hecho de que la obesidad aumentó de forma epidémica en la mayoría de las sociedades humanas en el último medio siglo y que, donde lo hizo, afectó a prácticamente todos los grupos sociales, independientemente de edad o género.

¿Dónde está la solución?

El objetivo principal del tratamiento de la obesidad en la infancia y la adolescencia es mejorar la salud en el largo plazo por la adquisición permanente de hábitos de vida saludables. En otras palabras, es la prevención de la obesidad y sus complicaciones en la vida adulta. Leonard H Epstein, psicólogo clínico y profesor de la Universidad de Buffalo, con amplia trayectoria en el tema, ha seguido a niños y familias durante más de diez años y ha publicado los resultados de sus tratamientos. Una de sus conclusiones más importantes es que los cambios de hábitos que incluyen a toda la familia obtienen resultados más exitosos que tratar al niño en forma aislada. Otras conclusiones son: (i) el tratamiento tiende a ser más efectivo si es temprano, multidisciplinario y con por lo menos un médico como parte del equipo; (ii) la restricción del número de calorías ingeridas debe ser parte de la mayoría de los tratamientos, y hasta la adolescencia alcanza con igualar ese número a las requeridas para la edad, y (iii) la actividad física debe ser uno de los componentes del tratamiento. Si bien estas conclusiones parecen obvias, la evidencia científica que las sustenta no fue simple de conseguir hasta que se realizaron estudios rigurosos sobre la cuestión.

El camino es la prevención

De acuerdo con datos de 2012 de las Cochrane Reviews, que analizan resultados de investigación médica, los programas que procuran reducir la prevalencia de obesidad infantil logran buenos resultados, pero con la experiencia que se acumuló hasta el momento no se puede tener mucha seguridad sobre cuál es el curso óptimo de acción.

El mapa de la obesidad es complejo; por lo tanto, prevenirla también lo es. El problema es particularmente espinoso cuando recae predominantemente en los grupos desfavorecidos de la población, ya que muchos de los factores que determinan la obesidad son de carácter social más que médico. Si bien las acciones a tomar tienden a apuntar mayoritariamente al aspecto nutricional, resultan de limitada eficacia si no encaran también factores ambientales relacionados con la pobreza, la escolaridad, la vivienda y la misma cultura popular. En la prevención y el tratamiento de la obesidad se requiere una acción coordinada de organismos gubernamentales y no gubernamentales, instituciones académicas, la educación, la industria alimentaria, el deporte e incluso la actividad publicitaria y del espectáculo. Se necesita encarar acciones del tipo de las que probaron ser efectivas para desalentar el cigarrillo o para contener la infección por el virus causante de sida. CH

LECTURAS SUGERIDAS

EPSTEIN LH *et al.*, 2007, 'Family-based obesity treatment, then and now: Twenty-five years of pediatric obesity treatment', *Health Psychology*, 26, 4: 381-391. doi: 10.1037/0278-6133.26.4.381. Accesible (marzo 2015) en *http://www.ncbi.nlm.nih.gov/ pmc/articles/PMC2387251/*.

MALIK VS, WILLETTWC & HU FB, 2013, 'Global obesity: Trends, risk factors and policy implications', *Nature Revues. Endocrinology*, 9, 13-27.

PEÑA M & BACALLAO J, 2002, *La obesidad en la pobreza: un nuevo reto para la salud pública*, Organización Panamericana de la Salud, Washington DC.

TROY LM, MILLER EA & OLSON S (eds.), 2011, *Hunger and Obesity. Workshop summary*, The National Academies Press, Washington DC.

Irina Kovalskys
Médica, UBA.
Docente de la Universidad Favaloro.
ikovalskys@ilsi.org.ar

Emilio Lizarraga
INQUINOA, Universidad Nacional de Tucumán-Conicet

Del jardín de las Hespérides a una bebida nacional

Un árbol de manzanas doradas y una bebida que lo cura todo

En la mitología griega, las Hespérides eran ninfas del atardecer (*Hesperus* era el astro del crepúsculo vespertino, es decir, Venus) que cuidaban un huerto situado en los confines occidentales del mundo, en el que crecía un único árbol de manzanas doradas. Uno de los célebres trabajos de Hércules fue, precisamente, robar los preciados frutos, cosa que logró con la colaboración de Atlas, el padre de las ninfas.

Las Hespérides y su jardín reaparecieron en la fantasía de la población europea en el Renacimiento. Tanto William Shakespeare (1564-1616) como John Milton (1608-1674), para limitarnos a la literatura en lengua inglesa, los mencionaron en sus obras, y el poeta y clérigo Robert Herrick (1591-1674) dio el título de *Hespérides* a un volumen de poesía religiosa y pastoral que publicó en 1647. El escritor británico Robert Graves (1895-1985), reconocido clasicista, en su interpretación de la mitología griega (*The Greek Myths*, Penguin, Harmondsworth, 1955), asimiló las doradas manzanas a naranjas, frutas supuestamente desconocidas por los antiguos griegos.

Hace poco más de siglo y medio, el mito de las Hespérides apareció como telón de fondo de un producto que fue objeto de la primera patente y marca registrada en la Argentina, y al mismo tiempo de la primera promoción comercial moderna realizada en el país: la bebida Hesperidina. El responsable de la iniciativa fue un joven de veinticuatro años, Melville Sewell Bagley, nacido en 1838 en Bangor, Maine, y fallecido en Buenos Aires en 1880. Luego de trabajar un tiempo como dependiente de comercio en Nueva Orleans, en 1861, al estallar en los Estados Unidos la guerra civil, emigró al Plata y encontró trabajo como ayudante en la droguería La Estrella, antecesora de la farmacia de ese nombre en la esquina de Alsina y Defensa.

Bagley no tardó mucho en dejar la condición de empleado y, en sociedad con los hermanos Demarchi, los propietarios de La Estrella, produjo una bebida mediante

¿DE QUÉ SE TRATA?

Historia y propiedades de la Hesperidina, una bebida alcohólica con compuestos beneficiosos para la salud.

La primera botella de Hesperidina.

maceración de cáscaras de naranjas amargas. Luego de una campaña publicitaria de casi dos meses, que intrigó y creó suspenso en el público de la ciudad, la lanzó al mercado en 1864. Presentó la primera Hesperidina en un envase y con una etiqueta muy diferentes de los actuales, pero solo dos años después introdujo la botella de vidrio oscuro con forma de pequeño barril que se repite con leves modificaciones desde entonces.

El éxito de la bebida, que la publicidad presentó como curativa de un sinnúmero de dolencias, produjo que en poco tiempo aparecieran imitaciones e incluso falsificaciones, lo que llevó a su creador a reclamar legislación que lo protegiera como propietario de la marca e inventor del producto. En unos años se sancionó esa legislación, que entró en práctica cuando en 1876 se creó el Registro de Patentes y Marcas. Hesperidina fue la primera marca registrada en el país. Entre tanto, en 1867 Bagley puso en sus botellas etiquetas de seguridad numeradas, impresas por la American Banknote Company.

¿Una bebida que lo cura todo?

¿Tenían algún fundamento las afirmaciones medicinales de la publicidad de Bagley? Si bien en ese momento no eran aseveraciones mucho más sólidas que las que se hacían de innumerables tónicos y lociones, lo curioso es que hoy existen evidencias científicas sobre propiedades beneficiosas para la salud de uno de los componentes de la bebida, un flavonoide aislado por un farmacéutico francés

Hércules robando las manzanas de oro del jardín de las Hespérides. Detalle de un mosaico romano (*opus tessellatum*) del siglo III de nuestra era, Valencia. Museo Arqueológico Nacional, Madrid. Foto Luis García, Wikimedia Commons.

de la ciudad de Angers de apellido Lebreton, que le dio el nombre de hesperidina y publicó el hallazgo en el *Journal de Pharmacie et de sciences accessories* de París (julio de 1828, 14: 377). Ignoramos si ahí está el origen de la denominación que eligió Bagley, cosa posible, ya que por su trabajo en una droguería pudo haber tenido noticias del compuesto, algo quizá más probable que una alusión a la mitología griega por alguien –hasta donde sabemos– carente de cultura clásica.

Los flavonoides (de *flavus*, amarillo) son pigmentos vegetales bautizados con ese nombre por el fisiólogo húngaro Albert Szent-György (1893-1986), premio Nobel de medicina en 1937, quien aisló uno de ellos, la citrina, de la cáscara de limón. Hoy se conocen alrededor de 8000 flavonoides con estructuras diversas, encontrados en diferentes tejidos vegetales. Conforman un extenso grupo de una familia de sustancias muy publicitadas: los compuestos fenólicos, incorporados a diario al consumir frutas, verduras, semillas, miel, chocolate, cerveza, vino o té, entre otros alimentos. Los flavonoides son los responsables de los colores de las hojas en otoño.

Las plantas los sintetizan, entre otras circunstancias, como respuesta adaptativa a condiciones de estrés, por ejemplo, infecciones o radiación ultravioleta. También atraen insectos polinizadores y son el conducto de relaciones simbióticas con microorganismos. Diversos estudios epidemiológicos han puesto en evidencia que el consumo de alimentos ricos en flavonoides disminuye el riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares, diferentes formas de cáncer, disfunciones inmunes y complicaciones alérgicas, entre otras patologías.

CAÑA DE AZÚCAR Y CÍTRICOS EN TUCUMÁN

Tucumán es conocida por su producción azucarera: hay en la provincia más de 260.000ha plantadas con caña. La actividad emplea en forma directa alrededor de veinte mil personas. Pero también Tucumán descuella por el cultivo de citrus que, si bien ocupa una superficie considerablemente menor, ha crecido en los últimos años y alcanzado reconocimiento internacional con sus productos.

La Argentina es el quinto productor mundial de cítricos, principalmente limón, naranja, mandarina y pomelo. En 2013 cosechó unas 2.800.000 toneladas, el 3,1% de la producción mundial. La cifra descendió en 2014 a unas 1.670.000 debido a fuertes heladas de invierno. En el país hay 140.000ha plantadas con citrus, alrededor del 30% de ellas en Tucumán. El 16% de la producción se exporta, con una demanda externa dirigida sobre todo a limones. De la demanda interna, alrededor del 30% se consume como fruta fresca, principalmente naranjas; el resto se industrializa como jugos, dulces o aceites esenciales.

Flavonoides escondidos en una botella

Los flavonoides contenidos en distintos citrus se detallan en la tabla que sigue:

naranja dulce	hesperidina, narirutina, didimina
naranja amarga	hesperidina, neohesperidina, naringina
mandarina	hesperidina, diosmina
limón	hesperidina, diosmina, eriocitrina, rutina
pomelo	naringina, narirutina, hesperidina
lima	naringenina, hesperidina

Como se aprecia, la bebida de Bagley, hecha con las cáscaras de naranjas amargas, posee hesperidina, neohesperidina y naringina, principalmente la primera –presente también en los otros citrus–, que responde a la fórmula $C_{28}H_{34}O_{15}$ y está constituida por moléculas con una compleja estructura de enlaces químicos entre sus átomos. (Los subíndices de la fórmula indican el número de átomos de cada elemento contenidos en una molécula.)

La hesperidina se encuentra en diferentes tejidos del fruto, principalmente en el albedo o parte blanca de la cáscara; en el jugo su cantidad es notablemente menor. Está generalmente asociada con vitamina C. También es parte de la valeriana (*Valeriana officinalis*), planta usada en la medicina tradicional por sus propiedades sedantes.

La hesperidina se absorbe en el intestino sin experimentar modificaciones estructurales y una parte de ella (llamada *aglicona*) aparece a las tres horas en el plasma san-

La botella tradicional de 975cm^3.

guíneo, en el que tarda entre otras dos y cuatro horas para llegar a su máxima concentración. Su excreción por vía urinaria se completa en unas veinticuatro horas.

La neohesperidina tiene la misma fórmula pero algunas diferencias en la estructura de enlaces de sus moléculas, que le confieren propiedades químicas diferentes. Es intensamente amarga y aporta ese sabor a la bebida. Está principalmente en la cáscara de las naranjas amargas. En 1963, se obtuvo neohesperidina dihidrochalcona, un compuesto con intenso sabor dulce, ampliamente usado en la industria como potenciador edulcorante natural.

En la bebida de Bagley va también incluida la naringina, pero en menor proporción. Es un flavonoide también ampliamente estudiado, con una fórmula ($C_{27}H_{32}O_{14}$) y una estructura química algo diferentes. Su presencia es más importante en pomelos, a los que da su sabor amargo. A menudo sustituye a la cafeína o la quinina en bebidas tónicas, en las que bajas concentraciones son suficientes para lograr el necesario sabor amargo.

Etiqueta de los primeros tiempos, *ca.* 1865.

Etiqueta de las galletitas Mitre.

El tónico de Bagley

Bagley obtuvo su bebida por maceración alcohólica de cáscaras de las naranjas amargas de un árbol plantado –se cree– en su casa de Bernal. La maceración consiste en poner algo en un líquido para que se disuelva en este algún componente del objeto sumergido. Es una operación muy difundida entre los químicos que estudian compuestos vegetales. Así, Bagley extrajo hesperidina, neohesperidina y naringina y otros componentes de la cáscara de las naranjas usando una mezcla de alcohol etílico y agua.

Cuando apareció, la Hesperidina fue considerada un tónico, y se aceptaron los reclamos publicitarios sobre su capacidad de estimular, fortificar y restablecer el normal funcionamiento del aparato digestivo. Quizá por esto fue suministrada a los soldados durante la guerra del Paraguay. Si bien existen numerosos estudios sobre

MÁS ALLÁ DEL PERFUME DE NARANJO EN FLOR

El naranjo amargo forma parte del paisaje urbano de muchas ciudades y pueblos. Es originario de China y se dispersó primero a la India y al cercano Oriente, incluido Egipto. Se cree que los romanos lo llevaron a Europa y, siglos después, los musulmanes lo usaron como planta ornamental en los jardines de Al-Andalus, la actual Andalucía, donde estuvieron desde principios del siglo VIII hasta finales del XV.

El árbol mide entre 3 y 5 metros de alto, tiene copa compacta, frondosa y globosa, y tronco con corteza lisa verde grisácea; sus flores blancas –conocidas como azahares– son muy fragantes, las más perfumadas de todas las especies de citrus. Sus frutos son de color anaranjado pálido, ligeramente achatados, con piel rugosa y gruesa, y pulpa amarga con menos jugo que otros cítricos. No son aptos para consumo directo, pero sí en forma de bebidas, mermeladas, perfumes, extractos o aceites. En el Golfo Pérsico las naranjas secas son empleadas como conservante y como especia.

Entre las bebidas, además de la Hesperidina, está el licor de Curazao. Un extracto obtenido a partir de naranjas inmaduras es parte de la medicina tradicional china y se lo conoce como chih-shi: tiene efectos de supresión del apetito, por lo que es recetado para controlar el peso. Además de los flavonoides, las naranjas amargas contienen parasinefrina, una sustancia con la capacidad de generar calor en el organismo, lo cual favorece la reducción de tejido graso. Es relativamente nuevo entre los productos para adelgazar: se difundió en 2004, luego de que se prohibiera la efedrina en suplementos dietarios de venta libre.

Las flores se utilizan en la fabricación del agua de azahar y de la esencia de neroli, ambas empleadas en cosmética, perfumería y la industria alimentaria. Con el fruto entero se preparan mermeladas y con las hojas se hacen infusiones a las que se atribuyen propiedades digestivas y sedativas.

Es la especie cítrica más resistente a enfermedades y tiene la capacidad de crecer en suelos pobres. En Sevilla, posiblemente la ciudad con más naranjos en pie, hay plantados alrededor de 31.000 ejemplares y varias calles tienen nombres alusivos, como la calle Hespérides.

UN EXPERIMENTO CASERO

Circulan abundantes recetas para preparar en casa un tónico similar a la Hesperidina, aunque ninguna es la original, que Bagley mantuvo secreta. Además, la manufactura casera es diferente de la industrial. Todas las recetas indican que la preparación es sencilla y usan la maceración para extraer de la naranja los componentes deseados. Se transcribe una.

Los ingredientes necesarios son:

- 2 naranjas amargas
- 0,5 litro de alcohol etílico
- 0,5 kilo de azúcar
- 1 litro de agua
- 5 hojas de menta
- 1 rama pequeña de romero
- 1 latita de azafrán
- 7 u 8 granos de pimienta negra
- 5 o 6 clavos de olor

El procedimiento comienza por disolver completamente el azúcar en el agua en un recipiente amplio con tapa hermética. Lavar las naranjas y con un pelador de papas retirarles la capa exterior de la cáscara (llamada *flavedo*) sin extraer la parte blanca (o *albedo*). Poner en el recipiente con el agua azucarada las láminas extraídas de cáscara, la pimienta, los clavos de olor, el romero y el contenido de la latita de azafrán. Mezclar bien y agregar todo el alcohol. Luego tapar herméticamente y dejar macerar entre siete y quince días. Agitar el recipiente de vez cuando. Pasado ese tiempo, filtrar con una gasa o género de algodón y envasar en botellas de vidrio.

las aplicaciones terapéuticas del flavonoide hesperidina, en su mayoría realizados con ratones, no hay trabajos científicos sobre los efectos de la bebida de Bagley que permitan validar sus atribuidas propiedades medicinales. Pero son reconocidas las propiedades benéficas del consumo de naranjas, lo que permite suponer que la bebida también las tenga.

Los estudios de mayor relevancia sobre el compuesto hesperidina se refieren a enfermedades cardiovasculares, y a su capacidad de reducir la permeabilidad y fragilidad de los capilares sanguíneos, estados que pueden deberse a enfermedades, factores genéticos o la edad. Dicha capacidad opera por inhibición de una enzima llamada *hialuronidasa*, presente en los procesos inflamatorios y de permeabilidad vascular. Esta última permite el flujo de moléculas pequeñas o incluso de células hacia adentro y hacia afuera del sistema circulatorio.

También se evaluó en ratones la capacidad de la hesperidina de modificar los niveles de lipoproteínas de baja densidad (LDL o colesterol malo), lipoproteínas de alta densidad (HDL o colesterol bueno) y triglicéridos en la sangre; se observó que los animales experimentaron un significativo aumento del colesterol bueno y disminución del malo.

Otro estudio también en ratones asoció la hesperidina con disminución de la presión arterial y aumento del volumen de orina excretado. Eso llevó a postular que el flavonoide ejerce efectos sobre sistemas enzimáticos implicados en el aumento de la presión sanguínea, lo que se vería reflejado en pruebas que demostraron la disminución de ciertos parámetros bioquímicos, entre ellos, la agregación de plaquetas y la viscosidad de la sangre.

Igualmente se han publicado trabajos sobre su capacidad de prevenir úlceras gástricas, pues es un antioxidante que elimina los radicales libres de la mucosa del estómago, lo que entorpece la aparición o el desarrollo de ellas. Por último, un estudio realizado en 2009 por investigadores de dos institutos del Conicet con sede en facultades de la UBA (el Instituto de Química y Fisicoquímica Biológicas y el Instituto de Biología Celular y Neurociencias) encontró que el suministro por vía intraperitoneal del flavonoide a ratones produjo en ellos efectos sedantes e indujo cambios en señales intracelulares de diferentes áreas de sus cerebros.

Etiqueta de seguridad numerada impresa en los Estados Unidos por la American Banknote Company, que Bagley adoptó en 1867 para impedir falsificaciones.

Fábrica de MS Bagley & Cía. en la actual calle Montes de Oca, en Barracas, con las *Tres cosas buenas de Bagley* inscriptas en la fachada: *Hesperidina, Dulce y Galletitas.* Foto Alejandro Witcomb, *ca*. 1895.

Colofón

Cuando Bagley murió, supuestamente de tifus, el 14 de julio de 1880 tenía cuarenta y dos años. Además de crear una bebida que hizo historia en el país por su éxito popular y por ser la primera patente y marca registrada, introdujo en el medio local una visión moderna del marketing y la publicidad. Fue un empresario sobresaliente y una figura precursora de la industria local. En la década de 1870, extendió su actividad a la fabricación de galletitas con el lanzamiento de la marca Lola. Años después la firma presentó las galletitas Mitre, nombre autorizado por mismo ex presidente de puño y letra. Y con el sobrante de las naranjas usada para elaborar la Hesperidina, Bagley decidió producir dulce o mermelada. Así fue que lanzó uno de los primeros eslóganes publicitarios del país: *Las tres cosas buenas de Bagley.*

A su muerte, su viuda, María Juana Hamilton, que vivió hasta 1902, continuó con la empresa, que manejaron principalmente colaboradores de su marido. La fábrica, que estuvo en Maipú 205 y en Victoria (hoy Hipólito Yrigoyen) 887, se trasladó a Barracas en la década de 1890, sobre la actual avenida Montes de Oca, a un edificio en cuyo frente estaban inscriptas dichas tres cosas buenas: *Hesperidina, Dulce* y *Galletitas.*

Concluyamos señalando que la bebida de Bagley ocupó un lugar destacado en la cultura popular del país (el tango 'Hesperidina' data de 1915) y que incluso ingresó en la alta literatura: Irene, personaje de 'Casa tomada' (1946) de Julio Cortázar, 'pensó en una botella de Hesperidina de muchos años', de la que la toma de parte de la casa la había privado. CH

LECTURAS SUGERIDAS

GARG A *et al.*, 2001, 'Chemistry and pharmacology of the Citrus bioflavonoid Hesperidin', *Phytotherapy Research*, 15: 655-669.

KUNTI V *et al.*, 2014, 'Evaluating the bioactive effects of flavonoid hesperidin. A new literature data survey', *Vojnosanitetski Pregled*, 71, 1: 60-65.

LASZLO P, 2007, *Citrus, A History*, University of Chicago Press.

MARTÍNEZ MC *et al.*, 2009, 'Hesperidin, a flavonoid glycoside with sedative effect, decreases brain pERK1/2 levels in mice', *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 92: 291-296.

Emilio Lizarraga
Doctor en bioquímica, UNT.
Becario posdoctoral del Conicet en el Instituto de Química del Noroeste Argentino, Tucumán.
Jefe de trabajos prácticos en la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, UNT.
cnemiliol@hotmail.com

Foto Oliver Dodd, *Flickr.com.*

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

Astronomía de horizonte
Las trece torres de Chanquillo

La astronomía de horizonte es una forma tradicional de observación que registra el movimiento cíclico de los cuerpos celestes y la intersección de su trayectoria con el horizonte visible. Por ejemplo, si se observa desde un punto fijo cada mañana la salida (o puesta) del Sol en un horizonte con elementos distintivos –naturales o de origen humano–, se observará que la posición en que eso sucede se va corriendo día a día. Si se toma nota de esa posición en determinada fecha con referencia a tales elementos distintivos, se podrá constatar que, por la naturaleza cíclica del movimiento solar, ella se repite allí dos veces cada año. Ese principio elemental constituye la base de los calendarios de horizonte.

Las crónicas de la época de la conquista hispana del Imperio inca revelan que existieron en él prácticas rituales de un culto solar basadas en determinadas creencias cosmológicas. Hasta donde se sabe, en las sociedades precolombinas, como en muchas otras, existía marcado interés por el movimiento de los cuerpos celestes, cuya determinación les permitía, además, establecer de modo preciso su calendario. Por otro lado, para algunos arqueólogos e historiadores, el culto solar cementaba el orden político y la legítima autoridad del Inca, apoyado en el mito del origen divino del fundador de la dinastía, Manco Cápac, hijo de Inti, el dios Sol. El mito está relatado en los *Comentarios reales de los Incas* del Inca Garcilaso de la Vega (1609).

Varios cronistas describieron los *pilares del Sol*, grandes bloques de piedra ubicados de manera conspicua en el horizonte visible desde el Cuzco, la capital inca. Los arqueólogos presumen que la coincidencia del Sol con ellos marcaba el tiempo de tareas como siembra o cosecha, lo mismo que otras prácticas estacionales. Pero nada queda de estos pilares, pues el paso de los siglos los borró sin dejar rastro.

¿DE QUÉ SE TRATA?

La determinación de los lugares precisos en el horizonte por donde sale (o se pone) el Sol en distintos momentos del año permite establecer un calendario solar. Es lo que hicieron hace unos 2300 años los pobladores de la costa sudamericana del Pacífico al norte de Lima.

Figura 1. Desde la Fortaleza (en primer plano a la derecha) se aprecian las Trece Torres (en segundo plano a la izquierda) situadas en un nivel más bajo y sobre una colina a aproximadamente 1km de distancia. La línea de visión apunta aproximadamente hacia el sureste. La Torre 1 es la ubicada más hacia la izquierda de la foto (hacia el norte); la 13 es la ubicada en el otro extremo de la hilera (hacia el sur), sobre la colina. Foto AG

¿Fueron realmente los incas los primeros en emplear ese sistema calendárico o lo tuvieron antes culturas que ellos dominaron? Como para contestar esa pregunta debemos remontarnos más atrás en el tiempo que el alcance de los relatos de los cronistas, solo podemos apoyarnos en el registro material que estudia la arqueología.

Figura 2. Tomada desde aproximadamente el mismo sitio que la foto anterior pero apuntando la cámara algo más al este, se aprecian con claridad en la foto las Trece Torres sobre una loma del desierto costero y, más allá, el valle irrigado del río Casma. El océano está a unos 15km a espaldas del fotógrafo. Foto Wikimedia Commons

Desde hace algunos años se ha ido conformando un área de investigación llamada astronomía de la cultura, una suerte de astronomía antropológica que estudia las concepciones del cielo que se forjaron los seres humanos de muy diversas culturas. Constituye un paraguas conceptual que abarca toda investigación que vincula a la astronomía con las ciencias sociales y humanas, e incluye disciplinas como la arqueoastronomía, la etnoastronomía y la historia de la astronomía.

La arqueoastronomía investiga, precisamente, qué se deduce de los restos materiales de los pueblos del pasado sobre sus prácticas y conocimientos astronómicos, lo mismo que sobre el papel desempeñado en sus culturas por los fenómenos celestes.

En este contexto es interesante el sitio arqueológico de Chanquillo o Chankillo, en el que existen unas estructuras que, según desde donde se las mire, marcan la posición de salida y puesta del Sol a lo largo del año, y revelan una refinada capacidad de observación solar por parte de culturas presentes en la costa del actual Perú entre el siglo IV antes de nuestra era y el inicio de esta. El arqueólogo Iván Ghezzi, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, y el matemático y astrofísico Clive Ruggles, de la Universidad de Leicester en el Reino Unido, investigaron y publicaron extensamente sobre ese sitio, que también fue el tema de la tesis doctoral del primero.

Chanquillo es un antiguo centro ceremonial y administrativo situado a unos 320km al norte de Lima y

unos 15km del mar, en el departamento de Ancash. Consiste en múltiples construcciones desplegadas en casi 4km², que incluyen una estructura de 300m de largo en forma de tres anillos concéntricos que los arqueólogos denominaron la Fortaleza y pudo haber sido un templo fortificado. A una distancia de aproximadamente 1km hacia el sureste de ella, sobre una suave lomada, se encuentran trece pilares construidos en piedra de entre 2 y 6m de altura, separados uno de otro por unos 5m, que recibieron el nombre de las Trece Torres. Están dispuestas en una hilera orientada de norte a sur y, miradas desde un par de construcciones emplazadas al este y al oeste de ellas, las torres se presentan como una sucesión de protuberancias en el horizonte,

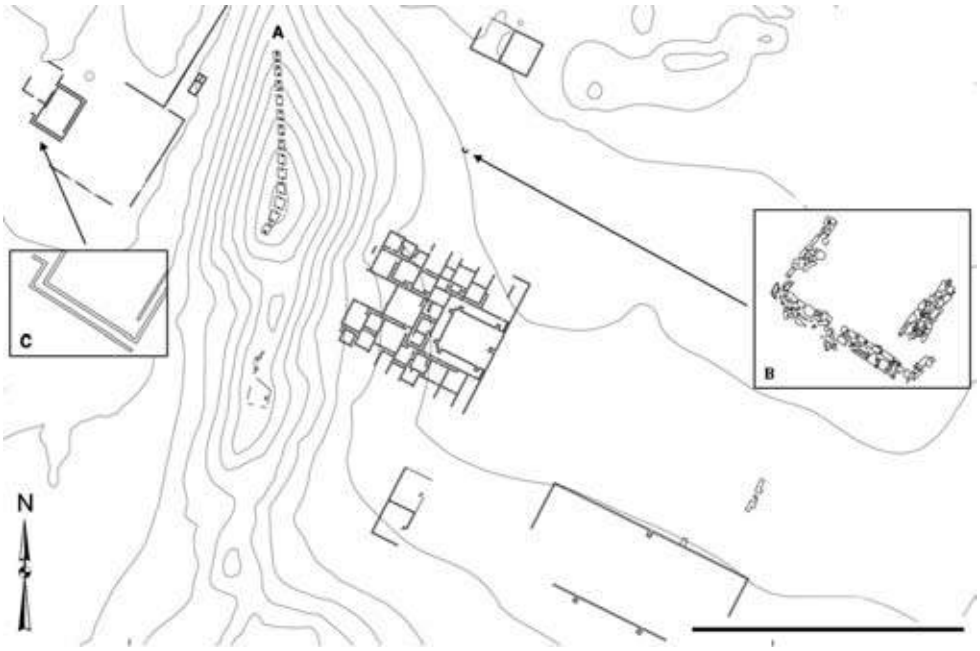


Figura 3. Plano del área de las torres. La hilera de ellas está indicada con la letra A: la 1 es la ubicada más al norte, la que ocupa el extremo sur de la fila es la 13. Los dos puntos de observación se marcan con las letras B y C, respectivamente al este y al oeste de las torres. La barra negra abajo a la derecha marca la escala: mide 300m.

Figura 4. Salida del Sol entre las torres 12 y 13 en la mañana del 11 de enero de 2011, a las 06:51 hora local. La fotografía fue obtenida desde el punto de observación oeste, al final del corredor de la construcción excavada por los arqueólogos del proyecto (letra C en el plano). Cada seis meses el punto de salida del Sol se desplaza de una punta a la otra de la hilera de torres, pero no lo hace a velocidad constante: en los extremos, cerca de los solsticios, su movimiento es más lento que en el centro, donde está en los equinoccios. Foto AG

desplegadas en una extensión que abarca, con una muy buena aproximación, todo el arco de los sitios de salida y puesta del Sol a lo largo del año. Los arqueoastrónomos piensan que las Trece Torres proporcionan evidencias de una antigua práctica de observaciones solares y, posiblemente, de un culto solar preincaico.

El plano muestra la disposición general del conjunto. A ambos lados de las torres (letra A) se ubican construcciones que fueron excavadas por los arqueólogos. A unos 250m al oeste de las torres se encuentra un grupo de recintos que incluyen un corredor de 40m de largo y 2,5m de ancho (letra C), con su eje en sentido noroeste-sureste y muros de más de 2m de altura. Desde el extremo sureste del corredor se puede apreciar, sin obstáculos, el perfil recortado contra el cielo de la colina sobre la que estaban las Trece Torres. Las excavaciones en dicho extremo del corredor, llamado el punto de observación oeste, revelaron una abundancia de ofrendas rituales de cerámica,

ASTRONOMÍA DE HORIZONTE EN BUENOS AIRES

Las nueve fotografías de este recuadro constituyen un ejercicio de astronomía de horizonte realizado por el autor en Buenos Aires. Fueron tomadas mirando hacia el Río de la Plata entre el 16 de mayo y el 31 de julio de 2009 y muestran el lento cambio de la ubicación del Sol al amanecer (podría haber intentado lo mismo al anochecer, pero en tal caso no hubiese podido sacar partido del conveniente horizonte sobre el río). La imagen central corresponde al 23 de junio, fecha cercana al solsticio de invierno del hemisferio austral. En la columna de la izquierda, ordenadas cronológicamente de arriba abajo, las imágenes indican la situación en cuatro fechas anteriores al solsticio, la primera el 16 de mayo; las fotos de la columna de la derecha reflejan lo mismo y en el mismo orden, pero en fechas posteriores al solsticio, la última el 31 de julio. Se aprecia cómo la dirección del movimiento de la posición de Sol al amanecer es distinta antes y después del solsticio. Antes, el observador ve que su movimiento es hacia la izquierda, es decir, hacia el norte, como se aprecia en las cuatro fotos de la izquierda; después es hacia la derecha, hacia el sur, según lo muestran las cuatro fotos de la derecha. Luego del 31 de julio (foto inferior de la derecha) el Sol saldrá por el horizonte cada vez más hacia el sur, hasta que llegue el día del solsticio de verano austral (aproximadamente el 21 de diciembre), momento en el cual invertirá el sentido de su movimiento y comenzará a dirigirse nuevamente al norte. Los solsticios de junio y diciembre, pues, son los momentos en que, para todo observador del planeta, el Sol sale respectivamente más al norte y al sur del este. Así, en los solsticios, es decir cada seis meses, el punto de salida o puesta del Sol invierte el sentido de su movimiento, de suerte que pasa dos veces por año por cada posición entre los extremos de su recorrido. Y agreguemos que en el medio exacto de ese recorrido están los equinoccios, únicos dos días del año en los que, para todos los terrícolas, el Sol sale (y se pone) exactamente por el este (o el oeste).

moluscos y otros materiales. De esto los arqueoastrónomos infieren que el mencionado punto tenía una función ritual vinculada con alguna ceremonia coincidente con la aparición del Sol por encima de las torres.

Algo similar ocurre con el lado este de las torres, donde los arqueólogos definieron el punto de observación este (letra B), situado a aproximadamente a la misma distancia que el otro. Ambos puntos de observación, además, se encuentran casi exactamente sobre una línea este-oeste y tienen la misma elevación. Vista desde esos puntos de observación, vale la afirmación anterior sobre la coincidencia de la extensión de las torres en el horizonte con la de las posiciones de la salida y puesta del Sol durante el año. Este hecho indica convincentemente a los arqueoastrónomos que el propósito de las torres era la observación solar.

La salida y la puesta del Sol en el solsticio de verano austral, en diciembre, se ven sobre la cima de la Torre 13, la que está en el extremo sur de la hilera; con medio año de diferencia, en el solsticio de invierno austral, en junio, estos eventos suceden apenas unos metros al norte de la Torre 1, la que está en el extremo norte de la hilera. En los equinoccios el Sol sale y se pone aproximadamente por la parte central de la hilera de torres. Como se deduce, el Sol pasa dos veces por año por cada punto del arco de horizonte definido por las torres. A la luz de estas constataciones, en especial la coincidencia del arco que definen las torres en el horizonte –si se las mira desde cualquiera de los dos puntos de observación– con el abanico de posiciones de salida y puesta del Sol a lo largo del año, parece bastante acertada la interpretación de Ghezzi y Ruggles de las torres de Chanquillo como un observatorio solar que permitió establecer un calendario empírico.

Es más. El hecho de que las torres permitan observar, de manera clara, las posiciones de salida y puesta del Sol durante los solsticios, fechas cuya importancia en muchas culturas antiguas se ha comprobado, más el esfuerzo de construir una estructura de tamaño monumental (cada pilar tiene aproximadamente unos 500m^3 de piedra traída de lejos) y hacerla visible a la distancia, hicieron dudar a los mencionados investigadores de que su único propósito haya sido de tipo práctico, es decir, regular actividades agrícolas u otras a lo largo del año. En consecuencia, tendieron más bien a pensar que también tenían fines de índole política y social, y que eran sede de ceremonias de un culto solar en el que la astronomía desempeñó un papel de suma importancia. Las torres mismas, por último, podrían haber sido precursoras distantes de los pilares incas de observación solar, que datan de entre unos diez y quince siglos después y fueron mencionados en las crónicas de la conquista. CH

Figura 5. Imagen satelital donde se ven las Trece Torres junto a algunas de las estructuras del yacimiento arqueológico (el lector puede obtenerla en el sitio *maps.google.com* colocando 'complejo astronómico chanquillo' o bien las coordenadas *-9.56112,-78.22728*). El norte es hacia arriba de la imagen. Los puntos de observación oeste (a la izquierda) y este (a la derecha) también son identificables, aunque no con gran detalle. Foto Google Maps

LECTURAS SUGERIDAS

BAUER BS y DEARBORN DSP, 1998, *Astronomía e imperio en los Andes*, Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas, Cuzco.

GANGUI A, Serie completa de fotografías desde la ciudad de Buenos Aires, en *https://picasaweb.google.com/algangui/PorDondeSaleElSol*

GHEZZI I & RUGGLES C, 2007, 'Chankillo: A 2300-Year-Old Solar Observatory in Coastal Peru', *Science*, 315, 5816: 1239-1243.

–, 2008, 'Las trece torres de Chankillo: arqueoastronomia y organización social en el primer observatorio solar de América', *Boletín de Arqueología de la Pontifica Universidad Católica del Perú*, 10: 215-236.

LÓPEZ A y GIMÉNEZ BENÍTEZ S, 2010, 'Los cielos de la humanidad, ¿qué es la astronomía cultural?', Ciencia Hoy, 20, 116: 17-22.

Alejandro Gangui

Doctor en astrofísica, Escuela Internacional de Estudios Avanzados, Trieste.
Investigador independiente del Conicet.
Profesor adjunto, FCEYN, UBA.
Miembro del Centro de Formación e Investigación en la Enseñanza de las Ciencias, FCEYN, UBA.
gangui@df.uba.ar
cms.iafe.uba.ar/gangui

Rocío Sampayo
Instituto de Oncología Ángel H Roffo, UBA
Andrés Martín Toscani
Departamento de Química Biológica, FCEYN, UBA

Cáncer de mama

Novedades de un viejo enemigo

Mecanismos de control celular y cáncer

Los primeros documentos conocidos que describen un cáncer provienen del antiguo Egipto y datan de hace aproximadamente 3600 años. Alrededor del año 400 antes de nuestra era, el llamado padre de la medicina, Hipócrates, llamó a la enfermedad *carcinoma* (del griego *karkinos* o cangrejo). De ahí proviene el nombre que usamos hoy, aunque la razón por la que Hipócrates asoció los tumores que observaba con los cangrejos es materia de discusión.

¿Qué es el cáncer? Si buscáramos la palabra en el diccionario moderno de la Real Academia Española, la encontraríamos definida como *enfermedad neoplásica con transformación de las células, que proliferan de manera anormal e incontrolada*, y también *tumor maligno*. En lenguaje médico, *neoplasia* indica tejidos anormales, por ejemplo, tumores. Básicamente, entonces, la causa primera y fundamental del cáncer es el descontrol de la proliferación celular.

¿Qué es la proliferación celular? Durante el desarrollo embrionario, la formación de todos los órganos de nuestro cuerpo es consecuencia de la duplicación celular: una célula que da origen a dos y así sucesivamente. Este proceso se conoce como división o proliferación celular. La proliferación celular también hace posible el crecimiento o la recuperación de células de algún tejido que se hubiesen perdido como consecuencia de un daño o herida.

Nuestro organismo posee varios complejos sistemas para regular la proliferación celular. Entre ellos se cuentan los llamados *factores de crecimiento*, que llevan a cabo un control fundamental. Son moléculas con la capacidad de indicar a determinada célula que debe proliferar. Pueden ser producidas por el mismo tejido en proliferación,

¿DE QUÉ SE TRATA?

El tamoxifeno es un fármaco usado con éxito para tratar el 70% de los cánceres de mama, pero dos de cada tres pacientes desarrolla con el tiempo resistencia a la droga. ¿Qué factores explican esa resistencia y el 30% de casos en que no surte efecto?

por tejidos adyacentes o por glándulas lejanas que las secretan a la sangre. En este último caso, se las conoce también como *hormonas*. Para cumplir con su misión, activan sitios específicos de la célula que toman como blanco, denominados *receptores*, a los que se adhieren o unen. Un ejemplo de hormona es la insulina (véase Federico Coluccio Leskow, 'Insulinas, metabolismo y crecimiento', Ciencia Hoy, 23, 136: 15-18), que estimula la proliferación de músculo y tejido adiposo; otro es el factor de crecimiento epidérmico (o EGF, por *epidermal growth factor*), que participa en el desarrollo de diversos tejidos, desde el pelo hasta algunos tipos de neuronas. Y también es factor de crecimiento el estrógeno, responsable del desarrollo de la glándula mamaria, el útero y los ovarios. Los factores de crecimiento son, pues, una primera forma de control de la proliferación celular.

Sin embargo, si un tejido en activa proliferación contuviera células con alguna alteración genética, no sería conveniente que ellas proliferaran porque transferirían la mutación a las células hijas. En ese caso, dichas células, en lugar de dividirse, deberían morir, para no propagar la anomalía. Esa situación recibió el nombre de muerte celular programada o *apoptosis*, para distinguirla de otros tipos de muerte celular. Es un proceso que no provoca inflamación ni dolor y ocurre todo el tiempo sin que nos demos cuenta. La apoptosis, entonces, es un segundo mecanismo fundamental de control del número de células en un tejido. Se estima que perdemos una cantidad de células equivalente al 20% de nuestro peso corporal a lo largo de la vida, la mayoría de ellas por apoptosis.

Una tercera forma de control de la proliferación de nuestras células está relacionada con la historia de cada una de ellas. Cuando una célula supera una cierta cantidad de divisiones, entra en un estado no proliferativo llamado *senescencia*. Así se evita la acumulación de alteraciones en los genes que, por características propias de los mecanismos de duplicación del ADN, aparecen al cabo de numerosas divisiones celulares.

Hoy se cree que el primer paso del desarrollo de un tumor es que una célula adquiera la capacidad de proliferar de manera desregulada e ilimitada. Es decir, que se vuelva insensible a los mecanismos de control enumerados, lo que podría ocurrir si acumulara gran cantidad de mutaciones. En ese punto, se dice que es una célula *transformada*, la cual, además, debe pasar inadvertida por el sistema inmune del organismo, que tiene la capacidad de eliminar a cualquier célula que se comporte de modo extraño.

Si una célula lograra reunir todas estas condiciones, podría proliferar y generar un tumor. Junto con esto, los tumores suelen reclutar células normales en su apoyo, por ejemplo, para generar vasos sanguíneos que los nutran o para brindarles sostén mediante la constitución de una red de proteínas que los interconecte con células adyacentes. Esto se conoce como *matriz extracelular* de un tumor. Todos los tipos celulares que rodean a las células fundadoras de un tumor, junto con las proteínas de su matriz extracelular, conforman el *microambiente tumoral*.

Lo descripto hasta aquí es un tumor benigno, es decir, un crecimiento anormal de células restringido espacialmente. Si algunas de las células tumorales adquirieran, además, la capacidad de salir del nicho original, entrar en la circulación y colonizar un nuevo tejido (lo que se conoce como *metástasis*), el tumor se convierte en maligno y justifica hablar de cáncer.

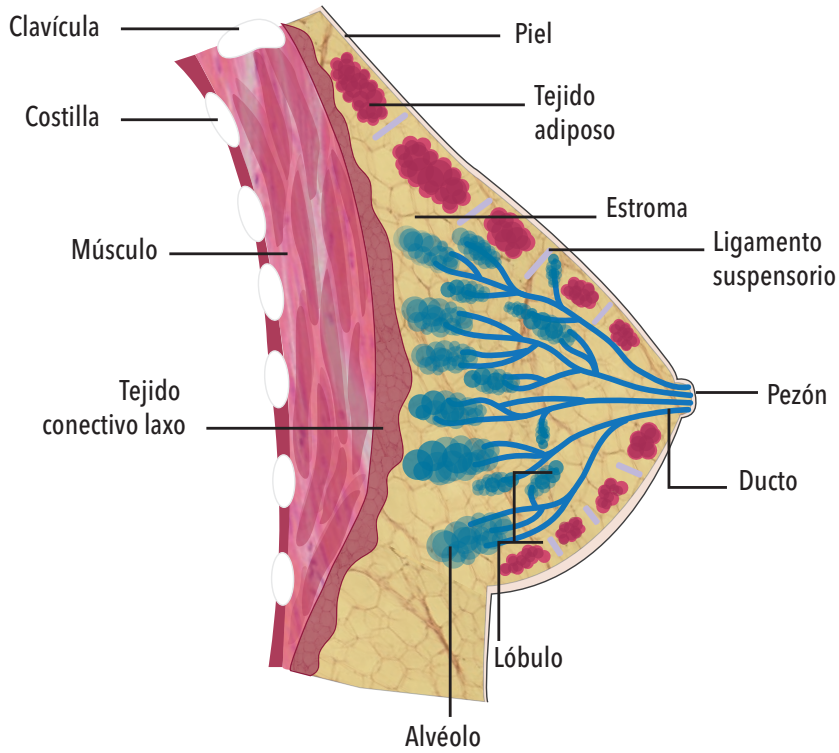
En los últimos diez años ha crecido enormemente la investigación del microambiente tumoral y su participación en el cáncer. Se sabe hoy que la interacción entre las células que componen el tumor y su microambiente es tal que si se separa a las fundadoras y conductoras del desarrollo tumoral de las que forman su microambiente, se vuelven dramáticamente más sensibles a prácticamente cualquiera de las terapias conocidas.

Esto llevó a adoptar una visión mucho más integrativa de la enfermedad y a incluir en la ecuación no solo a las células cancerosas sino, también, a la arquitectura del microambiente tumoral y a la interacción entre todos los factores que lo componen.

La glándula mamaria y sus peculiaridades

La glándula mamaria es un órgano ramificado, fuertemente dependiente de hormonas (sobre todo estrógeno, progesterona y prolactina) y compuesto por dos capas epiteliales. La capa interna está formada por las células luminales y la externa por las células mioepiteliales, todas rodeadas por una membrana basal sumergida en una almohadilla de grasa. Estas células se organizan para formar la estructura de forma arbórea que caracteriza a esta glándula, compuesta por alvéolos (las unidades productoras de leche) interconectados por ductos (que conducen la leche hasta el pezón). Los grupos de alvéolos y ductos se denominan *lóbulos* y conforman la unidad funcional básica de la mama, llamada *unidad terminal ducto-lobular*. La gran mayoría de los tumores de mama se originan en las células epiteliales luminales que recubren los ductos y se denominan *adenocarcinomas ductales* (*adeno* indica glándula).

El desarrollo de la glándula mamaria abarca varias etapas. Comienza en el embrión y continúa en la pubertad. Las células epiteliales proliferan desde el pezón, invaden la almohadilla de grasa y forman las mencionadas estructuras ramificadas de ductos, que son rudimentarias en el embrión y se hacen complejas en la



Corte de una glándula mamaria. Se aprecia la estructura ramificada formada por los ductos que convergen en el pezón y llevan la leche desde los alvéolos, donde se produce. Los racimos de alvéolos y ductos se llaman *lóbulos*, los que conforman con los ductos troncales las unidades ducto-lobulares. Estas estructuras están inmersas en una almohadilla de grasa, indicada con el rótulo de tejido adiposo, y sostenidas por un tejido de soporte llamado *estroma*.

pubertad. En esta etapa de la vida, los ductos alcanzan el extremo de la almohadilla de grasa (donde forman los *brotes terminales*) y las células epiteliales dejan de proliferar, con lo que quedan grandes espacios sin ocupar hasta que ocurre un embarazo y la glándula alcanza su máximo desarrollo lóbulo-alveolar. Entonces aparecen ramas laterales que interconectan ductos y se forman los alvéolos que producirán leche durante la lactancia. Estas etapas de proliferación de las células epiteliales están gobernadas por estrógenos y progesterona. Al finalizar la lactancia, la glándula mamaria sufre un proceso de involución caracterizado por una muerte celular masiva y vuelve a un estado de desarrollo similar al que tenía antes del embarazo.

Cáncer de mama y tamoxifeno

El cáncer de mama es actualmente una de las principales causas de muerte en mujeres, tanto en el mundo como en la Argentina. Se estima que una de cada ocho mujeres entre los veinte y los setenta años lo padece. Probablemente la gran cantidad de trabajos de investigación realizados sobre esta enfermedad sea la causa de que, en los últimos cincuenta años, se hayan registrado importantes avances en materia de su prevención y terapia.

El primer gran adelanto se dio en la década de 1960 con el descubrimiento en la Universidad de Chicago, por el norteamericano Elwood Jensen (1920-2012), del *tamoxifeno*, un fármaco capaz de regular la actividad de los receptores del estrógeno. Este llega a las mamas desde los ovarios, se vincula con dichos receptores y pone así en marcha la proliferación de las células mamarias.

El tamoxifeno bloquea la acción del estrógeno (y por esa razón se lo conoce como el *antagonista* de este) e impide dicha proliferación. Ese efecto lo ha convertido en un excelente recurso terapéutico contra la proliferación de células tumorales mamarias.

Los resultados de los ensayos clínicos del tamoxifeno fueron positivos y, finalmente, la droga fue aprobada en 1977 para su uso en pacientes con cáncer de mama avanzado. Pero, por diversas razones, solo en junio de 1990 recibió aprobación como tratamiento para prevenir la recurrencia de la enfermedad en mujeres sin metástasis detectable en nódulos linfáticos.

Hoy el 70% de las mujeres operadas de cáncer de mama son tratadas con la droga durante cinco años luego de la cirugía. ¿Qué ocurre con el 30% restante? Sucede que en esas pacientes menos del 1% de células cancerosas son sensibles al estrógeno y por eso no se les prescribe el tratamiento con tamoxifeno. Esto se debe a que las células de los tumores no están igualmente dotadas de receptores de estrógeno. Quizá resulte raro, entonces, que se recete tamoxifeno a pacientes con, por ejemplo, solo 5% de células cancerosas sensibles al estrógeno. Ello se debe a que la experiencia clínica y los estudios de investigación básica hicieron ver que, por razones aún hoy no completamente dilucidadas, alcanza con tener el 1% de células cancerosas sensibles al estrógeno para que el tamoxifeno produzca resultados favorables.

Por otro lado, dos de cada tres mujeres tratadas con tamoxifeno desarrollan resistencia a la droga y el cáncer regresa. Se sabe hoy que en cerca de la mitad de ellas esa resistencia aparece al comienzo del tratamiento, mientras que en la otra mitad ocurre dentro de los diez años siguientes a terminado. Si bien los factores relacionados

con la resistencia temprana han sido bien identificados, los responsables de la resistencia tardía no lo están y continúan siendo objeto de investigación.

Hacia principios de la década del 1990, luego de casi treinta años de buscar la forma de identificar inequívocamente tumores de mama resistentes al tamoxifeno, se descubrió que en muchos de ellos estaba presente una cantidad anormalmente alta de una proteína llamada HER2 (por *human epidermal growth factor receptor* 2), asociada con receptores de los factores de crecimiento.

Nuevas terapias

El HER2 es parte de una familia de receptores que participan en la proliferación y diferenciación de diversos tejidos, pero hasta donde se sabe no interactúa con ningún factor de crecimiento. Sin embargo, si su presencia es lo suficientemente abundante (como ocurre en ciertos tumores de mama muy agresivos), es capaz de autoactivarse, es decir, de enviar señales proliferativas aun en ausencia de factores de crecimiento. Por eso, altas cantidades de HER2 se toman como indicación de pobre respuesta al tratamiento con tamoxifeno y de presencia de un cáncer de mama con mala prognosis.

El descubrimiento de lo anterior convirtió al HER2 en un importante blanco de acciones que pudiesen beneficiar a pacientes con esa clase de tumores. De los numerosos caminos ensayados, el que ha resultado más eficaz ha sido la inmunoterapia, que se basa en la acción de anticuerpos bloqueantes, cuyo efecto es unirse al receptor e impedir su activación. Sin embargo, a lo sumo el 20% de los tumores resistentes al tamoxifeno responde a la inmunoterapia, lo que llevó a la búsqueda de otros posibles responsables de la resistencia al tamoxifeno. En esa investigación, durante la última década ha pasado al primer plano el estudio del microambiente tumoral.

Saber escuchar

Así como la comunicación es esencial para la vida de las personas en sociedad, también para el desarrollo y funcionamiento de tejidos y órganos son cruciales ciertos vínculos entre partes de organismos vivos, que es posible asemejar a la comunicación humana. Podemos decir que las células se comunican entre sí y con el microambiente que las rodea. Por ejemplo, unas pueden indicarles a otras que se dividan, que crezcan o que se muevan enviándoles moléculas-señal que las células receptoras son capaces de captar e interpretar, y a cuya indicación, como consecuencia, responden.

Pero a diferencia de las personas, que solo disponen de unos pocos canales para comunicarse –la voz, el oído, la vista–, las células poseen miles de ellos, adaptados para captar distintos tipos de estímulos fisicoquímicos. En otras palabras, cuentan con una amplia variedad de receptores que les permiten captar señales bien distintas, aunque la maquinaria de procesamiento posterior de las señales suele ser común a muchos de esos receptores. Por esta razón, si esa maquinaria está ocupada interpretando determinados estímulos, puede carecer de la capacidad de interpretar otros que le están llegando. Siguiendo con el símil de la comunicación humana, en esa situación las células no solo oyen demasiadas voces: a su cerebro llegan más señales de las que logran procesar.

Cuando al receptor de estrógeno le llegan simultáneamente moléculas de estrógeno y de tamoxifeno, que transmiten a la célula indicaciones contradictorias, la respuesta final estará determinada por la cantidad de receptores a los que se unan una u otra de esas moléculas. Obedecer la señal química del estrógeno lleva a la célula a dividirse y proliferar; pero el tamoxifeno da la señal contraria, que se interpone en el camino de la del estrógeno. La respuesta final de la célula será una menor tasa de proliferación.

Esto no es todo, sin embargo.

Los sonidos que nos rodean

Igual que los sonidos de la calle, que a menudo dificultan hablar por el celular a quien lo intenta caminando por la ciudad, las células reciben estímulos que

les llegan desde su microambiente, los cuales son captados por receptores distintos de los del estrógeno, pero pueden interferir en su respuesta a esa hormona o al tamoxifeno.

La matriz extracelular del tumor es así uno de los componentes fundamentales de la comunicación por la que las células intercambian señales con otras de su entorno, algo que hacen de manera constante y dinámica. Las células receptoras de esas señales pueden interpretarlas gracias a proteínas de su membrana –denominadas *integrinas*– que conectan directamente dicha matriz con su interior. Actualmente se sabe que las integrinas desempeñan un papel crucial en el desarrollo del cáncer y, en particular, del cáncer de mama. Por la vía de esa intercomunicación entre la célula y la matriz extracelular del tumor, suelen transmitir señales de proliferación, provenientes del microambiente tumoral, al interior celular.

Durante la formación de un tumor, se evidencia un incremento en la síntesis de proteínas por las células del microambiente tumoral. Por lo tanto, las señales que estas envían a las células del tumor también se hacen más intensas. En este contexto, gran parte de la maquinaria celular –comenzando por las integrinas– está ocupada interpretando las señales de la matriz extracelular del tumor, lo cual puede impedir que se comprendan otros mensajes. Por lo tanto, en un contexto tumoral de alta estimulación por la presencia de abundantes cantidades de señales de su matriz extracelular, el receptor de estrógeno, que interacciona con dichas integrinas, será incapaz de responder de forma normal a los estrógenos. Esto constituirá también una efectiva barrera a la terapia con tamoxifeno, ya que las señales que este transmite tampoco tendrán mayor efecto.

Esto significa que, si bien el tratamiento con tamoxifeno está dirigido a bloquear la supervivencia tumoral, su eficacia queda sujeta no solo a la presencia y abundancia de los receptores sino, también, a su disponibilidad para interpretar las señales de la droga.

¿Cómo podría lograrse que la célula responda más eficazmente al tamoxifeno y se supere la resistencia al tratamiento? Nuestro trabajo de investigación en el Instituto de Oncología Ángel Roffo y en la Facultad de Ciencias Exactas de la UBA procura dilucidar los mecanismos por los cuales, en las células tumorales mamarias, la matriz extracelular del tumor interfiere las señales químicas provenientes de factores de crecimiento, y cómo, a su vez, esto puede afectar la respuesta al tratamiento con tamoxifeno. Conociendo dichos mecanismos sería posible encontrar modos de lograr que el receptor de estrógeno no atendiera las señales de la matriz extracelular y quedara disponible para responder al tamoxifeno. Eso podría conseguirse, por ejemplo, con una molécula capaz de bloquear la comunicación entre el receptor de estrógeno y la integrina, la cual afectaría principalmente a las células tumorales y podría administrarse junto con el tamoxifeno. De ser viable, el camino conduciría a que el receptor de estrógeno, en presencia del fármaco, inhibiera el crecimiento tumoral.

En síntesis, para entender un proceso de desarrollo tumoral es necesaria una visión más integral, que considere no solo las células que constituyen el tumor sino, también, cómo se relacionan entre ellas y con su entorno. CH

LECTURAS SUGERIDAS

ALVARO T, NOGUERA-SALVÁ R y FARIÑAS-GUERRERO F, 2010, 'La matriz extracelular: de la mecánica molecular al microambiente tumoral (parte II)', *Revista Española de Patología*, 43, 1: 24-32.

JORDAN VC, 2006, 'Tamoxifen as a targeted therapy to treat and prevent breast cancer', *British Journal of Pharmacology*, 147 (suppl. 1): S269-S276.

PONTIGGIA O *et al.*, 2012, 'The tumor microenvironment modulates tamoxifen resistance in breast cancer: A role for soluble stromal factors and fibronectin through beta 1 integrin', *Breast Cancer Research and Treatment*, 133, 2: 459-471, doi: *10.1007/s10549-011-1766-x*

Rocío Sampayo

Licenciada en ciencias biológicas, UBA.
Becaria doctoral del Conicet en el Instituto de Oncología Ángel H Roffo, UBA.
Auxiliar docente en la FCEYN, UBA.
ro.sampayo@gmail.com

Andrés Martín Toscani

Licenciado en ciencias biológicas, Universidad Nacional de Luján.
Estudiante de doctorado en el Departamento de Química Biológica, FCEYN, UBA.
Auxiliar docente en la Universidad Nacional de Luján.
amtoscani@gmail.com

CUANDO A UN LABORATORIO LE AGREGAS UN FIN SOCIAL, EL RESULTADO ES MUCHO MAS QUE UN MEDICAMENTO.

Desde hace más de 50 años, un laboratorio público combina Compromiso, Calidad, Eficiencia y Transparencia con un Fin Social, mejorando la calidad de vida de muchas personas.

LABORATORIO DE HEMODERIVADOS
Universidad Nacional de Córdoba

Un laboratorio diferente.

UNC Universidad Nacional de Córdoba

www.unc-hemoderivados.com.ar

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

130 profesionales, 249.600 horas de investigación al año.

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

Tecnología en el producto. Innovación en el servicio.

www.tenaris.com/argentina

Tenaris