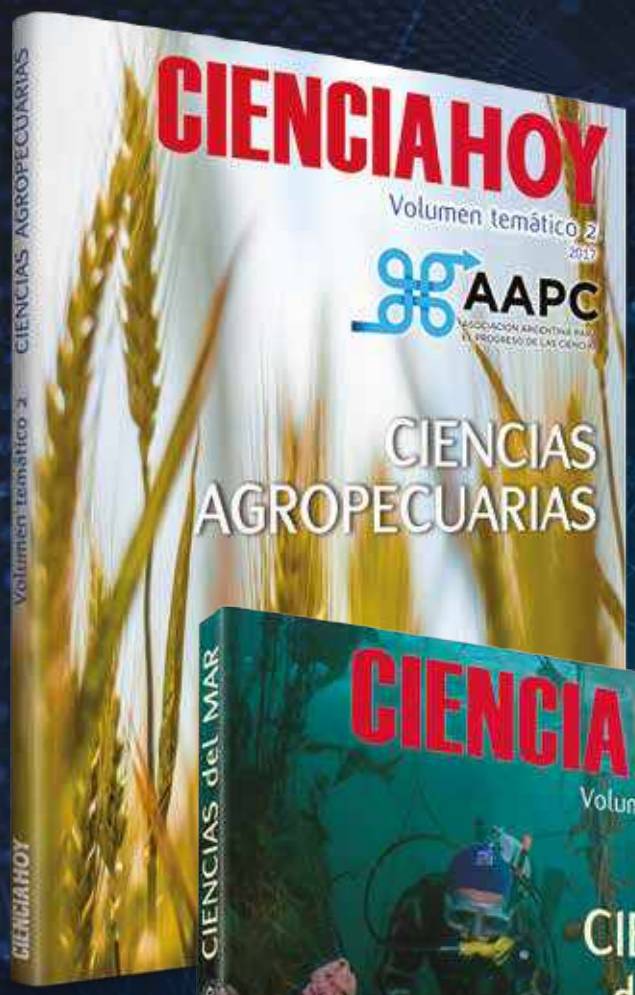
CIENCIA HOY

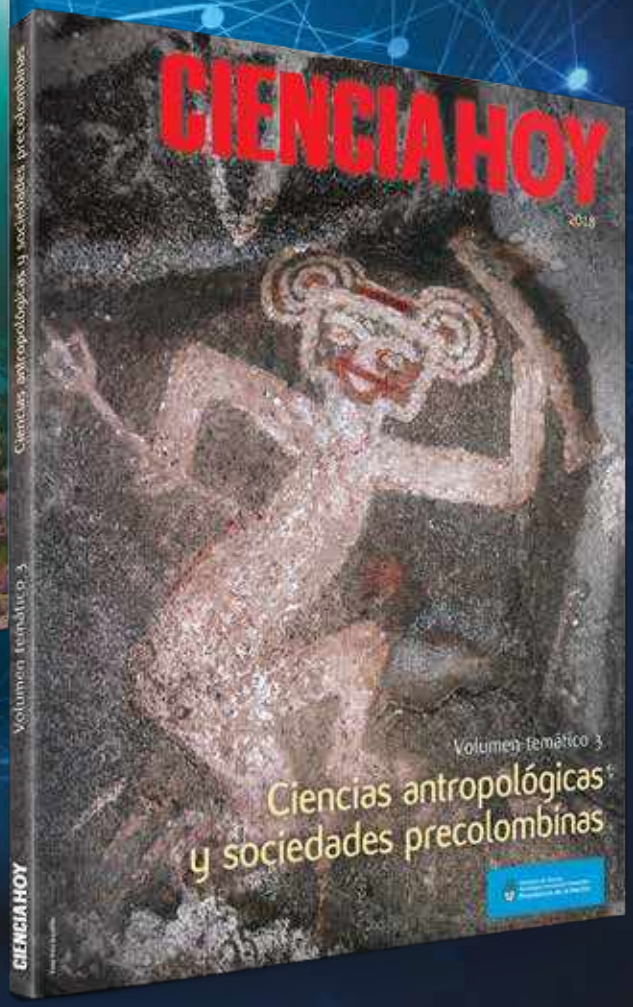
Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy
Volumen 28 número 166 agosto - septiembre 2019
Ejemplar en la Argentina $185

Ojos animales

Fuego en la Amazonia
Meliponas: abejas sin aguijón
Tecnologías domésticas
Exoplanetas

ISSN 0327 - 1218
00166
9 770327 121009





CIENCIA HOY

CONTINÚA CON SUS VOLÚMENES TEMÁTICOS

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

RevistaCienciaHoy Tel (011) 4961 1824 /4962 1330

CIENCIA HOY

Fundada en 1988

Propietario: ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

Director: Aníbal Gattone

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

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

Lo expresado por autores, corresponsales, avisadores y en páginas institucionales no necesariamente refleja el pensamiento del comité editorial, ni significa el respaldo de CIENCIA HOY a opiniones o productos.

Editores responsables

Patricia Ciccioli
Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires, UBA-Conicet

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

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

Cristina Damborenea
División Zoología Invertebrados, Museo de La Plata, FCNYM-UNLP. Conicet

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

Aníbal Gattone
UNSAM

Roy Hora
Universidad Nacional de Quilmes. Conicet

Valeria Manzano
Instituto de Altos Estudios Sociales, Universidad Nacional de San Martín. Conicet

José X Martini
Asociación Ciencia Hoy

Paulina E Nabel
Asociación Ciencia Hoy

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

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

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

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

Consejo científico

Elvira Arrizurieta (Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, UBA), José Emilio Burucúa (UNSAM), Ennio Candotti (Museo de Amazonia, Brasil), José Carlos Chiaramonte (Instituto Ravignani, FFyL, UBA), Jorge Crisci (FCNYM, UNLP), Roberto Fernández Prini (FCEN, UBA), Stella Maris González Cappa (FMED, UBA), Francis Korn (Instituto y Universidad Di Tella), Juan A Legisa (Centro de Estudios de la Actividad Regulatoria Energética, UBA), Eduardo Míguez (IEHS, Unicen), Felisa Molinas (Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, UBA), José Luis Moreno (Universidad Nacional de Luján), Alberto Pignotti (FUDETEC), Gustavo Politis (Departamento Científico de Arqueología, FCNYM, UNLP) y Fidel Schaposnik (Departamento de Física, FCE, UNLP)

Secretaría del comité editorial
Paula Blanco

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

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

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

Suscripciones
ARGENTINA: 6 números, $1180 (incluye envío)
EXTRANJERO: 6 números, US$ 27 + envío

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

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

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

ISSN 0327-1218
N° de registro DNDA 75312285

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

Corrección
Mónica Urrestarazu

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

ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY

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

COMISIÓN DIRECTIVA

Omar Coso (presidente), Aníbal Gattone (vicepresidente), Federico Coluccio Leskow (tesorero), Alejandro Gangui (protesorero), Paulina Nabel (secretaria), María Semmartin (prosecretaria), Hilda Sábato, Diego Golombek, Galo Soler Illia, Roberto R Pujana (vocales).

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

www.facebook.com/RevistaCienciaHoy

Sumario

Agosto – septiembre 2019
Volumen 28 - número 166

A MODO DE EDITORIAL

4 Los árboles y el bosque

Diego Villar

6 CARTA DE LECTORES

HACE 25 AÑOS EN CIENCIA HOY

8 Volumen 5 - número 25

Marzo - Abril 1994

10 GRAGEAS

ARTÍCULO

18 Los ojos de los animales

Eduardo Spivak

Muchas especies de animales tienen ojos: pueden percibir la luz (o la radiación electromagnética de ciertas longitudes de onda llamadas visibles) como lo hacemos nosotros mediante la vista. Pertenecen a 20 de los 33 grandes grupos o *phyla* definidos por los biólogos para clasificar a los animales. Otras especies de esos grupos perdieron tal capacidad en el transcurso de la evolución, pero las de los otros 13 *phyla* nunca la tuvieron.

ARTÍCULO

27 Gliese 411b
Encuentro cercano con un nuevo exoplaneta

Rodrigo Díaz

Una verdadera revolución se está produciendo en la astronomía y la astrofísica. Nuevas tecnologías han permitido iniciar el estudio de planetas fuera de nuestro sistema solar. Los científicos ya han descubierto miles de ellos y, en muchos casos, pueden calcular su composición, conocer su atmósfera y especular sobre la posibilidad de encontrar vida.

ARTÍCULO REIMPRESO

33 Los caminos del fuego en la Amazonia

Christopher Uhl, J Boone Kauffman y Elson Dias da Silva

'Debido a los cambios que provoca el uso de la tierra, la Amazonia es cada día más sensible al fuego y se expone al riesgo de un gran incendio, similar al que destruyó, en 1982, millares de kilómetros de selva húmeda en Kalimantán, Indonesia.' (Sumario escrito en 1992.)

ARTÍCULO

43 Meliponas, abejas melíferas sin aguijón

Favio G Vossler

Hay en el planeta más de veinte mil especies de abejas, agrupadas en siete grandes familias. La abeja más conocida es la europea, melífera o doméstica (*Apis mellifera*), de cuyas colmenas se obtiene la ubicua miel, ampliamente comercializada y consumida en todo el mundo. De la misma familia que la anterior son las *meliponas*, unas abejas mucho más pequeñas, sin aguijón, de las que existen 400 especies en las Américas, principalmente en zonas tropicales y subtropicales; unas 35 de ellas habitan en territorio argentino.

ARTÍCULO

49 Abejas y cultivos de soja

Diego Blettler, Guillermina Fagúndez y Daniela Chemez

Diversos estudios realizados en el país y el extranjero han demostrado que las cosechas de soja rinden más por hectárea si existen insectos que participen de la polinización de sus flores. Pero sucede que muchos de esos insectos, principalmente abejas, forman parte de los ecosistemas silvestres que subsisten mezclados con los campos agrícolas. Hoy esos polinizadores se han hecho más escasos por el avance de las superficies cultivadas y el uso de insecticidas para controlar insectos dañinos. ¿Qué hacer?

ESPACIO INSTITUCIONAL DEL CONICET

54 Ciencia en tu vida

ARTÍCULO

59 Aparatos domésticos y liberación femenina

Inés Pérez

El sentido común parece indicar que en promedio el tiempo dedicado por las amas de casa al trabajo hogareño disminuiría en la medida en que en los hogares se generalizara la presencia de artefactos como heladeras, lavarropas, aspiradoras, lavavajillas y otros. Diversos científicos sociales, sin embargo, basándose en datos más o menos pertinentes, han puesto lo anterior en duda. La realidad parece más compleja que la sugerida por una simple relación de causalidad, ya que, entre otros factores, también influyen en el comportamiento doméstico de las personas, las cambiantes responsabilidades de hombres y mujeres, la edad, el nivel socioeconómico, etcétera.

Diego Villar
Doctor en antropología, UBA.
Investigador independiente del Conicet
en el Instituto de Ciencias Antropológicas, FFYL, UBA.

Luego de haber tratado en el número anterior el desastre ambiental del plástico oceánico, nos vemos en esta entrega ante la tragedia de los incendios de los bosques tropicales de buena parte del mundo. En las páginas 33-40 reproducimos un artículo que no ha perdido actualidad sobre el tema, aparecido en Ciencia Hoy *hace 27 años, y como editorial incluimos las reflexiones de un especialista sobre un aspecto crucial del asunto por lo común poco tenido en cuenta.*

Los árboles y el bosque

Esparcidos tanto por la selva como por las redes sociales y los medios de comunicación, los dramáticos y simultáneos incendios de la Amazonia, de la Chiquitanía y de extensas regiones del África subsahariana están en boca de todos. Lo ponen de manifiesto, por ejemplo, polémicas entre instituciones nacionales e internacionales sobre los records anuales de conflagración forestal; imágenes de São Paulo envuelta en tinieblas apocalípticas; fotografías desgarradoras de sufrimiento humano y animal; tomas satelitales que muestran cómo cada minuto se pierde una superficie de bosque del tamaño de un campo de fútbol; la donación por Leonardo Di Caprio de cinco millones de dólares para preservar el ecosistema amazónico; el avión 747 Supertanker que transporta 75.000 litros de agua contratado por el presidente boliviano Evo Morales; la insólita pelea entre los mandatarios del Brasil y de Francia, con imputaciones de colonialismo, injurias personales y hasta referencias disparatadas a Nerón, la piromanía y la reciente desgracia parisina de Notre Dame; e incluso las disquisiciones de Arturo Pérez-Reverte, miembro de la Real Academia Española, sobre si debe decirse Amazonia o Amazonía.

En rigor, nadie sabe realmente cómo se iniciaron y se extendieron los fuegos. ¿Fueron los mismos agricultores que cada año queman su parcela para desbrozarla? ¿Fue una temporada de inusual sequía, vientos de excepcional potencia y calores extremos? ¿Hubo focos de incendio producidos en forma intencional? ¿O bien, como es más probable, todo eso al mismo tiempo? La compulsiva imputación de responsabilidades multiplica ironías, paradojas y arbitrariedades en los brotes de indignación moral (se quejan por Notre Dame pero no por el Amazonas), de caricatura (Bolsonaro como capitán motosierra), de explicación mítica (la Madre Tierra llevó a Evo al poder y la Madre Tierra lo sacará), de sesgo ideológico (comentaristas progresistas que acusan a Bolsonaro, y sus pares conservadores a Evo Morales), de teorías conspirativas (Bolsonaro acusa a 'las ONG' y Morales a 'la derecha') y de oportunismo político (tanto Morales como Carlos Mesa, su competidor más directo en las próximas elecciones, posaron ante la prensa apoyando a los bomberos).

Subyace a todas estas reacciones el hecho de que la Amazonia sigue siendo la reserva de biodiversidad más grande del mundo y, según la habitual metáfora, el pulmón del planeta. Sin embargo, se trata al mismo tiempo de una región con una enorme variabilidad cultural, que alberga a casi un millón de indígenas agrupados en grandes familias lingüísticas (tupí, gê, caribe, tukano, arawak, pano-tacana) más algunos troncos etnolingüísticos aislados, como los cofán o los ticunas. El asunto no es menor. Pese a las connotaciones genéricas de etiquetas como indio, aborigen u originario, hay tanta diferencia entre un tukano del Vaupés colombiano y un kaingang del sur brasileño como entre un argentino y un ucraniano. Es probable, igualmente, que quienes englobamos como guaraníes en el norte de Salta no puedan enten-

derse con sus pares guaraníes de la costa brasileña, como es casi imposible, asimismo, que se comuniquen fluidamente entre sí las poblaciones orientales y occidentales del norte argentino de la etnia que llamamos wichí. Sin embargo, si bien las lenguas y las culturas de las tierras bajas de los trópicos y subtrópicos sudamericanos pueden ser tan distintas entre ellas, también existe un factor que unifica a la enorme mayoría de los integrantes de casi todas: que tradicionalmente subsisten gracias a una agricultura de pequeña escala que cada año desbroza y quema unas pocas hectáreas de selva.

Al mismo tiempo, forman parte de esta realidad sudamericana (para centrarnos en la región del mundo que conocemos y está más cercana a los lectores de Ciencia Hoy) las explotaciones agropecuarias extensivas (en especial la ganadería y la agricultura de soja), que en las últimas décadas provocaron el desmonte de casi una quinta parte de la selva amazónica. Junto con esto aparecieron las acciones propagandísticas, judiciales y políticas de los intereses madereros y agropecuarios –o, como se los llama en el Brasil, ruralistas–.

Pero no sería justo caracterizar a los actuales pueblos amazónicos como meras víctimas de la degradación ambiental. Los estudios arqueológicos, etnohistóricos y antropológicos fueron entendiendo gradualmente que la Amazonia no es hábitat exclusivo de pequeñas sociedades de cazadores y horticultores igualitarios, sino un escenario policromo en el que grupos ínfimos coexistieron siempre con extensas asociaciones regionales, las cuales practicaban una agricultura de gran escala, establecían circuitos políticos, comerciales o diplomáticos, y se las ingeniaban para urdir refinados repertorios simbólicos, artísticos o rituales. De forma similar, si buscamos colocar el problema ambiental en su marco sociológico, resurge casi de inmediato el juego de las diferencias y volvemos a encontrar matices en esos actores presuntamente homogéneos que solemos englobar bajo el rótulo de indios. No hay, de hecho, bloques nítidamente diferenciados de indígenas y blancos que operarían como héroes y villanos de cine, como no hay tampoco nativos que padecen pasivamente el despojo colonizador. Mejor dejar de lado la imagen estereotipada de blancos insensibles que destrozan una selva defendida por guardianes autóctonos de la tierra movilizados por algún tipo de lazo místico con la naturaleza.

Los claroscuros que enturbian la comprensión de la Amazonia son particularmente evidentes en el caso boliviano. Pese a la atractiva retórica que entroniza a Evo Morales como primer presidente indígena de un Estado plurinacional –diametralmente opuesto al racismo que apenas disimula Jair Bolsonaro–, sería ingenuo soslayar que su gobierno aprobó una serie de leyes en estímulo de la deforestación agropecuaria, la producción de biocombustible, la habilitación del desmonte de áreas protegidas como el valle de Tucavaca, la autorización a pequeños productores para quemar bosque seco y sucesivas amnistías para la quema ilegal.

Las autoridades bolivianas atribuyen el 6% del desmonte a los indígenas, el 31% a las comunidades campesinas nativas y el 63% restante a propietarios de mayor capacidad económica. No extraña, así, que muchos campesinos, en especial los indígenas de tierras altas, apoyen las iniciativas gubernamentales, porque las áreas protegidas –que incluyen las reservas indígenas– obturan a su juicio el desarrollo de la economía regional. Pero, como sucedió hace unos años cuando el propio Morales impulsó la construcción de una carretera a través del parque nacional Tipnis, ubicado entre Cochabamba y el Beni, hoy muchas organizaciones civiles, tanto indígenas como campesinas, se unen para denunciar el 'ecocidio' del gobierno nacional.

Sucede que, entre los indígenas amazónicos, como entre todos nosotros, hay divergencias económicas, políticas o culturales que, en determinadas circunstancias, los conducen a privilegiar ciertas opciones en detrimento de otras (por ejemplo, la autonomía política o el bienestar económico por sobre la protección ambiental). No es raro, así, que criollos e indígenas de las tierras bajas acusen a los 'coyas' de incendiar el bosque, dado que llegaron del altiplano y no dominan la técnica de la roza y quema. Pero no se trata de conflictos interétnicos sino de diferencias intraétnicas que muchas veces la prensa o los estudios académicos no ponen de manifiesto. En otras palabras, se trata de parcialidades del mismo grupo que propician conscientemente la agenda ecológica enfrentadas con otras que favorecen la tala de árboles o la agricultura de gran escala. He podido apreciar eso entre los wichís del norte argentino y los chacobos de la Amazonia boliviana. A este panorama se suman la indisimulable demografía mestiza, la inestable economía sudamericana y los cambiantes alineamientos políticos y étnicos. De allí que interpretar los conflictos como el enfrentamiento de blancos depredadores e indígenas ecológicos desdibuja la compleja realidad e impide entender la índole de los incendios amazónicos.

Carente de la necesaria competencia técnica, no estoy en condiciones ni siquiera de esbozar una solución para los recientes incendios ni, mucho menos, para la crisis aparentemente irreversible de la deforestación amazónica. Tan solo sugiero la necesidad de emplazar el problema ecológico en sus marcos sociales. Es sabido que los pensadores budistas y el obispo Berkeley se preguntaban qué sucede cuando cae un árbol en el bosque y no hay nadie para oírlo. Si no dejamos de lado las agendas particularistas de la indignación moral, las modas académicas y la ideologización de cada partícula de la experiencia humana, corremos otro peligro: que los árboles caigan mientras todos hablamos de ellos. CH

Cartas de lectores

¿Ciencia normal, revolución científica o revolución permanente del conocimiento?

La interesante gragea de Alejandro Curino 'Cuán grande es nuestro pecado', publicada en el número 164 de marzo-abril pasado, explica que el gen humano FOXP2 pasó, en pocas décadas, sucesivamente de ser considerado causa única o principal de una actividad tan compleja como el habla, a ser desestimado en cuanto a esa función y, por último, a serle nuevamente vistas influencias sobre la capacidad del lenguaje, pero como parte de las intrincadas redes de genes que todos poseemos. Esto lleva a pensar que la distinción kuhniana entre ciencia normal y revolución científica no está reflejando adecuadamente cómo avanza hoy el conocimiento, especialmente cuando procura abordar lo complejo. Quizá tendríamos que pensar en términos de una revolución permanente del saber. Darwin parece haber tenido la intuición de lo anterior con su juicio sobre la magnitud de nuestro pecado si explicáramos la miseria de los pobres solo por las leyes de la naturaleza. Felicitaciones por la continuada calidad de la revista.

Jorge Hintze
Asociación Civil Tecnología para la Organización Pública, Santa Fe

Terminología científica y lenguaje culto

Como suscriptor y lector de la revista Ciencia Hoy desde su inicio en 1989, aprecio la preocupación de esta publicación altamente encomiable por el uso del idioma, y los argumentos en favor de emplear amperio, voltio, vatio, ohmio en vez de ampere, volt, watt, ohm, expuestos en el número 164 como respuesta a una carta de lector. Cabría preguntarse si entonces sería también recomendable usar el término 'pascalio' en vez de pascal y otras formas similares. En esta línea, objeto con énfasis emplear 'alverjilla' en lugar de 'arveja' o 'guisante' al referirse a los experimentos realizados por Mendel a mediados del siglo XIX en la gragea firmada por Alejandro Curino en el mismo número. El término alverjilla podría usarse para plantas como *Lathyrus odoratus* (alverjilla de olor) o *Vicia angustifolia*; confunde si se lo utiliza para la arveja común comestible (*Pisum sativum*) con la que Mendel realizó sus experimentos.

Martín Roubicek
Mar del Plata

Los editores agradecen el reconocimiento del doctor Roubicek y sus interesantes reflexiones idiomáticas. Estas posiblemente resalten una importante diferencia entre la terminología científica y el lenguaje cotidiano, incluso el literario y el habla culta. El primero procura ser rigurosamente racional y rechaza cualquier incongruencia; los segundos están plagados de estas e incorporan adicionales con cada innovación. El primero es producto de la labor de órganos supremos con función normativa, sean organismos ad hoc o las asociaciones internacionales de cada disciplina; los segundos resultan de las iniciativas individuales de una multitud de hablantes. Las academias de la lengua recomiendan, pero no legislan. 'Alverjilla' es diminutivo de 'alverja', palabra que nació como antigua metátesis (transposición de letras), posiblemente por influencia árabe, de 'arveja' y, aunque en España haya desaparecido o quedado relegada al habla de ancianos en pueblos remotos, conservó cierta vigencia en Hispanoamérica.

Los editores

Mapa incomprensible

Con relación al mapa de las páginas 14 y 15 del número 164, me permito señalar que, más allá de la importancia de la información que trata de comunicar, no cumple con ninguna de las premisas de claridad que se esperan de una representación gráfica: es un mapa confuso, que exige un largo rato para entender las claves de su comprensión (si es que se llega a hacerlo antes de perder la paciencia). Salvo eso, muy bueno el número.

Carlos Reboratti
Buenos Aires

Lector disconforme

Me ha parecido totalmente tendencioso el artículo de Carlos Gervasoni 'Democracia y autoritarismo en las provincias argentinas', aparecido en el número 164. Me gustaría conocer qué opina el autor de las prácticas autoritarias del actual gobierno de Jujuy. Critica en su cierre el autoritarismo de las presidencias de Menem y Kirchner, e ignora olímpicamente las tremendas arbitrariedades del presidente actual.

Alfredo Morandini
Buenos Aires

Prácticas antirrepublicanas

A la luz de la reciente elección de Gildo Insfrán como gobernador de Formosa por séptima vez consecutiva, merece relectura el artículo 'Democracia y autoritarismo en las provincias argentinas' del número 164 de Ciencia Hoy. Merecen también reflexión la posibilidad de poner límites por vías legales a las prácticas antirrepublicanas descriptas en el artículo e implantadas con evidente maestría por Insfrán, y la elección de posibles caminos para lograrlo. ¿Acaso el artículo 5° de la Constitución nacional no prescribe que las constituciones provinciales deban amoldarse al 'sistema representativo republicano, de acuerdo con los principios, declaraciones y garantías' de la norma máxima de la nación?

Clotilde Bogado
Posadas

La tabla periódica

Muy buena la reproducción con tipografía moderna de la tabla original de Mendeléiev de 1869 publicada en el número 165. Otro punto de interés es la isla de estabilidad que Seaborg profetizó para el elemento 114 sobre la base de la relación entre protones y neutrones. Cuando décadas después se lo sintetizó, pudo verse que la tal isla no existía. Actualmente, como bien muestra el gráfico de la página 45, se supone que aparecería alrededor del elemento 125. ¿Qué diría Asimov?

En cuanto a la propuesta de 1973 de la comisión de nomenclatura inorgánica de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) sobre el uso de un sistema numérico tanto para los nombres como para los símbolos para los elementos con número atómico superior a 100, hubo una anterior que usaba abreviaturas como 'zed' para cero, que la comisión aprobó por cinco votos contra cuatro (entre estos, el mío), pero que la división de química inorgánica de la IUPAC rechazó en razón del resultado dividido. Vuelto el asunto a la comisión, se acordó una nomenclatura aceptada por todos sus miembros, que sí convalidó la división. La comisión dejó establecido que se trataba de nomenclatura provisoria hasta que cualquiera de los elementos fuera sintetizado y su descubridor ejerciera el derecho de asignarle el nombre según las reglas clásicas. Contrariamente a lo que se afirma en el artículo de Alejandro Olivieri, la nomenclatura provisoria tuvo buena recepción y fue usada en la literatura y la enseñanza.

Luis F Bertello
Ex miembro de la comisión de nomenclatura y de la división de química inorgánica de la IUPAC

Comenta el autor Olivieri: Isaac Asimov consideró la isla de la estabilidad en su libro *Luces en el cielo*, en el que aceptó las predicciones teóricas de la época sobre su ubicación. Mediante argumentos similares a los de Mendeléiev, se limitó a predecir las propiedades de elementos desconocidos. Estimo que disfrutaría de los descubrimientos y las predicciones actuales sobre la existencia y posición de la isla de la estabilidad, y si volviera a referirse al tema, lo haría con su habitual sabiduría y humor. Como bien indica el firmante de la carta, la nomenclatura de los elementos pesados no parece ser cuestión cerrada. He encontrado tablas periódicas con mezclas de nombres sistemáticos y comunes. Quizá porque siguen la tradición, prefiero estos últimos, sin desconocer la utilidad pedagógica de la nomenclatura sistemática.

HACE 25 AÑOS en CIENCIA HOY

SUSTANCIAS QUÍMICAS TÓXICAS: EVALUACIÓN DE RIESGO

RICARDO DUFFARD

Luego de los resonantes casos de intoxicación ocurridos en los últimos tiempos, la sociedad argentina debe detenerse a considerar hasta qué punto resulta imprescindible incrementar el desarrollo científico en el área de la toxicología. En este orden de cosas es fundamental cobrar conciencia de la importancia de evaluar y controlar con eficacia los riesgos asociados a sustancias químicas potencialmente tóxicas.

Solanum betaceum, Christer T Johansson Wikimedia Commons

EL TOMATE DE LAS YUNGAS

ALFREDO GRAU

Los mercados mundiales de frutas y verduras están incorporando una gran cantidad de especies 'nuevas'. Entre ellas, el tomate de las yungas o de árbol, de gran éxito en Nueva Zelanda. Este es solo un ejemplo de los cientos de especies vegetales del noroeste argentino con propiedades explotables que esperan la atención de los especialistas. Mientras tanto, entre 1970 y 1990, más de un millón de hectáreas de aquella región han sido desmontadas y solo una pequeña fracción de su superficie se halla protegida dentro de parques o reservas.

APORTES A LA CIENCIA 'COLONIAL' EN AMÉRICA

GREGORIO WEINBERG

Contiene una serie de trabajos destinados a definir los perfiles del modelo descripto como ciencia colonial. Junto a las tradiciones indígenas, los autores delimitan tres papeles científicos fundamentales: metropolitano, virreinal y criollo, que, lejos de sucederse conforme a un nítido modelo evolutivo, se pueden encontrar simultáneamente.

AMS: ESPECTROMETRÍA DE MASAS CON ACELERADORES

JORGE FERNÁNDEZ NIELLO

La datación con radiocarbono a partir de muestras muy pequeñas de origen orgánico es posible cuando se utilizan aceleradores de iones pesados como instrumentos que permiten la separación de átomos según sus masas. Las aplicaciones de la espectroscopía de masas con aceleradores abarcan otros múltiples campos, por ejemplo, la biomedicina, la cosmología, la hidrología, la geología, la ciencia de los materiales o la física nuclear, en cuyo ámbito se desarrolló este tipo de tecnología.

La espectroscopía de masas con aceleradores resultó una herramienta muy útil que creció con el tiempo. Hoy en día ya no se usan los aceleradores instalados en laboratorios de investigación sino que se construyen pequeños aceleradores (en algunos casos transportables) que se instalan (o se llevan) al sitio en donde quiere hacerse el análisis.

LEONARDO DA VINCI Y UN ENIGMA PARA VETERINARIOS

JOSÉ ANDRÉS CARRAZZONI

En noviembre de 1598 se imprimió en Bolonia un espléndido volumen de anatomía equina rubricado por un prestigioso jurista de esa ciudad. Obra de quien debía ser no solo un gran artista, sino también un anatomista experto —cualidades cuanto menos sorprendentes en un abogado—, recién en 1855 se puso en duda su autoría y se abrieron las puertas a una serie de conjeturas que señalarían a Leonardo como su verdadero creador.

Visita nuestros archivos en www.cienciahoy.org.ar

Vía Láctea. Nick Risinger / NASA Wikimedia Commons

MATERIA OSCURA: ¿HAY MACHOS EN LA VÍA LÁCTEA?

ANÍBAL GATTONE

Si lo que vemos en el espacio es una fracción pequeña de lo que existe, ¿de qué está hecho el resto? Recientemente, los dos grupos de investigación (uno estadounidense y otro francés) que buscan la denominada 'materia oscura', aquella que está pero no se ve, anunciaron resultados positivos en sendos experimentos que permitirían ir aproximando los cálculos acerca de la cantidad de materia total que constituye el universo.

Desde que este artículo se escribió, mucho ha cambiado en nuestro conocimiento. Ahora sabemos que el universo acelera su expansión y que existe una fuerza expansora (la energía oscura) que da cuenta de más del 70% de la energía total. La materia oscura se lleva un poco más del 20% y su mayor parte sigue siendo 'oscura' (un eufemismo para decir que aún no sabemos de qué está compuesta). Los MACHOS (acrónimo en inglés de 'objetos astrofísicos compactos de gran masa en el halo') fueron un candidato buscado entonces con una técnica especial. La búsqueda fue infructuosa.

EL PASADO COMO CAMPO DE BATALLA: ÉTICA ARQUEOLÓGICA

IRINA PODGORNY Y LAURA MIOTTI

¿Es ético que los arqueólogos excaven en lugares sagrados para la gente indígena? ¿Seguirán los museos almacenando restos mortales de los ancestros de grupos minoritarios que carecían hasta ahora de la posibilidad de hacer oír sus reclamos? El debate está abierto.

Familia mapuche, hacia 1890. Foto Juan de Dios Carvajal.

DE LOS TOLDOS A NEUQUÉN: RELATO DE UN VIAJE

SILVIA CALCAGNO E ISABEL HERNÁNDEZ

Un viaje desde las comunidades mapuches del sur argentino hacia la de Los Toldos, a solo 300 kilómetros de la Capital Federal. Un viaje de los mapuches de Buenos Aires para conocer a sus hermanos del sur y compartir sus experiencias. 'Ni tan blancos ni tan indios, esto es lo que somos nosotros', suelen decir los pobladores mapuches de Los Toldos. El encuentro con sus hermanos neuquinos, de clara adscripción étnica, ha dado lugar a previsibles conflictos. También ha favorecido, junto con la puesta en marcha de diversos programas de capacitación comunitaria, la revalorización de la propia cultura.

‘Fotografía’ de un agujero negro

Es sabido que para nuestras mentes una imagen vale más que mil palabras. En este caso, se trata de la primera imagen de un agujero negro. Fue difundida el 10 de abril de 2019 por el equipo internacional que opera una red de ocho grandes radiotelescopios terrestres conocida por *Event Horizon Telescope* (telescopio del horizonte de sucesos). Tal agujero está en el centro de la lejana galaxia Messier 87. Pasado el impacto visual nos preguntamos, entre otras cosas, qué muestra la imagen, cómo se obtuvo y qué aporta a la ciencia.

Para contestar a la primera pregunta debemos tener en cuenta que un agujero negro es una región del espacio-tiempo cuya geometría es tan extrema que ni la luz puede abandonarla. La superficie externa de esta región se denomina el horizonte de eventos o sucesos, lo cual da el nombre a dicha colaboración astronómica internacional.

Ya existían muchos indicios de que había un objeto de ese tipo en el centro de la galaxia nombrada. Uno de esos indicios –quizá el más espectacular– es un inmenso chorro de partículas que sale de la galaxia y que proviene de dicho objeto. También, cerca de este se advierte la presencia de mucho gas caliente. Esos signos llevaron a inferir la masa y el tamaño del agujero negro en cuestión. Se ha estimado que la primera es equivalente a la de unos 7 mil millones de soles, y que el segundo alcanza unas cuatro veces el tamaño de nuestro sistema solar, con unos 40.000 millones de kilómetros de diámetro. Se trata, pues, de un objeto sideral realmente imponente, que escapa a nuestra imaginación.

Ahora bien, si de un agujero negro no puede salir luz, ¿cómo lo vemos? Resulta que hay gas cayendo en él que se calienta mucho y los electrones que lo componen emiten radiación electromagnética, un fenómeno que sí es observable. Es decir, observamos el gas que circunda al agujero negro, pero no vemos a este. En realidad, sin embargo, literalmente ni lo observamos ni lo vemos: lo que detectamos con los radiotelescopios es radiación electromagnética ubicada fuera del espectro visible. En otras palabras, la imagen que vemos es la interpretación visible de algo invisible, en una gama arbitraria de colores elegidos para hacerlos apetecibles a nuestra mente y a nuestros sentidos.

Cada uno de los ocho radiotelescopios que componen la red generó una cantidad enorme de datos (unos 350 terabytes por día), los cuales fueron convertidos en la imagen que se reproduce mediante complejos programas computacionales creados por los miembros de la colaboración.

Por otro lado, la radiación electromagnética emitida en las cercanías del agujero negro resulta altamente distorsionada tanto espacial como temporalmente por la geometría del agujero negro, la cual curva la trayectoria de la radiación y modifica la frecuencia con que esta nos llega. Por esto y por el fenómeno llamado efecto Doppler vemos en la figura un aro de radiación, más intenso en algunos lugares que en otros y con una parte central oscura. En esa parte central no hay órbitas estables que la luz pueda seguir y cualquier rayo que ingrese en ella necesariamente terminará en el agujero negro. Este, a su vez, es un poco más grande que el horizonte de eventos, el cual, pese al nombre de la colaboración, por definición no se puede ver.

Haber obtenido la imagen es toda una proeza tecnológica en la que participaron más de doscientos investigadores: equivaldría a fotografiar desde la Tierra una manzana que estuviese en la Luna. Con el citado diámetro de 40.000 millones de kilómetros, el agujero negro Messier 87 es inmenso, pero su distancia a nosotros es también inmensa, al punto de que la luz tarda unos 50 millones de años en llegarnos desde allí y que, visto desde aquí, dicho diámetro mide unas 40 millonésimas de segundo de arco. Para lograr la imagen los ocho grandes radiotelescopios ubicados en distintos lugares del mundo se operaron de manera sincronizada: podría decirse que formaron un único radiotelescopio del tamaño de la Tierra. Si bien cada uno actuó en forma independiente del resto, mediante relojes atómicos registró el momento de arribo de cada señal con tal exactitud que se pudo luego componerlas todas en una única imagen de increíble precisión como la reproducida aquí, que resultó de las observaciones del 11 de abril de 2017. Costó mucho esfuerzo poner a punto la técnica, incrementado por el hecho de ser una colaboración entre 33 instituciones. Ahora que se ha logrado, esperamos ver otros resultados espectaculares en el futuro cercano.

¿Qué aporta la imagen a la ciencia? Entre los especialistas no causó gran conmoción, pues sabían de la existencia de agujeros negros gracias a muchos estudios anteriores, y porque recientemente se pudo medir la radiación gravitatoria producida por la colisión de dos de ellos (aunque de masas muchísimo menores) y corroborar que su radiación se comporta tal como lo predice la teoría de Einstein. Si su existencia no estaba en discusión, sí lo estaba la suerte corrida por la materia en su entorno. La complejidad de los

procesos que acaecen en ese entorno es tal que no se ha logrado construir modelos matemáticos suficientemente confiables. Todavía se desconoce mucho sobre numerosos fenómenos que suceden en escalas temporales y espaciales muy diversas. Es allí donde la imagen ayuda, pues permite establecer cuáles modelos creados con distintas suposiciones se corresponden mejor con lo observado. Entre las cosas que estamos comenzando a entender están la forma como se comporta el gas, cómo influyen los campos magnéticos que crea y, en particular, cómo se forman los chorros de partículas, los cuales utilizan la energía de rotación del agujero negro para alimentarse y brindar uno de los mayores espectáculos cósmicos conocidos.

Este estudio es el primero de una serie que se hará aplicando la nueva tecnología. Ya hay planes concretos para ampliar aún más la definición de las imágenes agregando satélites e incluso una antena en la Luna. Nos esperan décadas muy interesantes. CH

Oscar Reula
oreula@unc.edu.ar

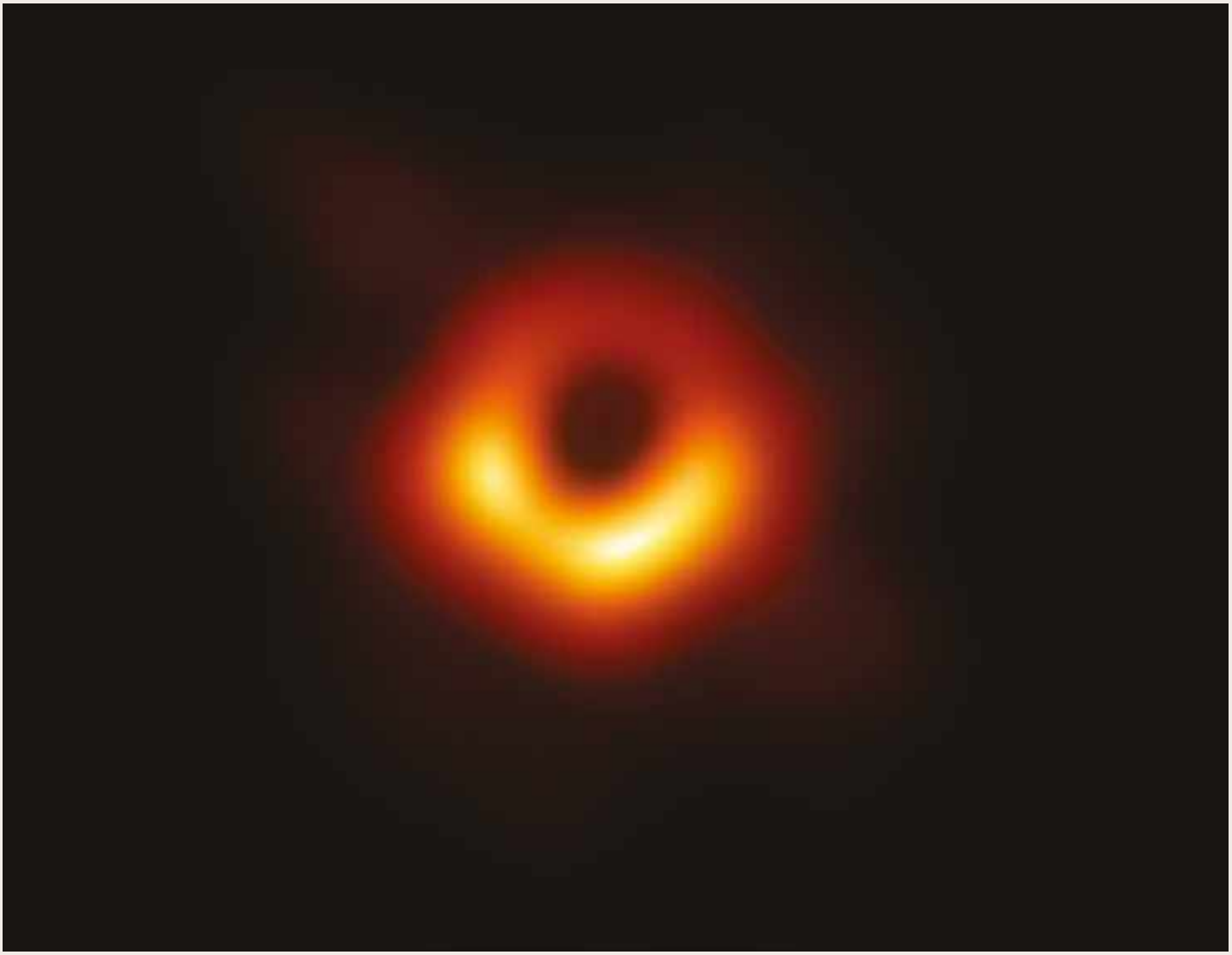


Imagen de un agujero negro confeccionada sobre observaciones sincronizadas hechas por ocho grandes radiotelescopios el 11 de abril de 2017. Es la primera evidencia visual directa que se obtiene de tales objetos astronómicos. *https://www.eso.org/public/images/eso1907a/*

Una cuestión de fama: nuestras bacterias intestinales

Desde que se descubrió su existencia, los microbios –término sinónimo de microorganismos u organismos microscópicos– se han hecho mala fama ya que son responsables de muchas enfermedades humanas. Si encendemos la televisión, es seguro que encontraremos un aviso publicitario de algún producto que promete eliminarlos en el 99% de casi cualquier superficie. Tal mensaje, además de no tener en cuenta su abundancia, genera desinformación y contribuye a consolidar la mala idea que tenemos de los microbios.

Si bien es cierto que existen microorganismos patógenos, dependemos de otros para tener buena salud. Así, en el interior de nuestro intestino habitan millones de microorganismos que nos ayudan a absorber nutrientes, y cuya ausencia nos imposibilitaría hacerlo. En el ámbito científico ese conjunto de microbios se denomina *microbiota* intestinal.

Adquirimos durante el nacimiento nuestra microbiota inicial, que nos llega sea en el canal de parto por contacto con el flujo vaginal o después por el contacto con la piel materna. Luego esa población inicial se modifica a lo largo de la vida, principalmente por los alimentos, pero también por enfermedades, ingestión de medicamentos, cambios de ubicación geográfica o de estilo de vida, etcétera, al punto de que resulta posible identificar diferencias entre poblaciones de microbios de personas de distintas regiones. Además, se sabe que la microbiota interactúa con el sistema inmunológico, lo que ayuda a distinguir a los microbios perjudiciales y a favorecer la producción de defensas o anticuerpos.

Durante los últimos años, la microbiota ha sido estudiada en muchos laboratorios y se ha llegado a la conclusión de que sus desbalances serían responsables de ciertas enfermedades crónicas, entre ellas algunas de tipo autoinmune, otras neurológicas como la esquizofrenia y el autismo, y también inflamatorias intestinales como la colitis ulcerosa o la enfermedad de Crohn. Conocer la microbiota intestinal normal de una población podría darnos una pista acerca de por qué se adquieren ciertas enfermedades.

En 2016, un grupo de investigación del Instituto de Agrobiotecnología de Rosario (INDEAR) a cargo de Martín P Vázquez reveló que la microbiota intestinal de los argentinos es distinta de la de los norteamericanos. Los primeros presentaron abundancia de ciertas familias bacterianas como *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae*, *Rikenellaceae* y *Prevotellaceae*, mientras que en los segundos la familia de *Bacteroidaceae* fue la más representada.

Recientemente, un grupo de investigación de la Universidad Nacional de Luján dirigido por Alberto Penas-Steinhardt, junto con integrantes de otras instituciones argentinas y francesas, publicó en *Frontiers in Microbiology* un artículo, citado al final, en el que se describe la microbiota intestinal de habitantes del área metropolitana de Buenos Aires. Ella fue comparada con la de Rosario y con la de varias poblaciones occidentales como Santiago de Chile, Bolonia (Italia) y los Estados Unidos (según el proyecto Microbioma Humano), y también con la de los hadza, una etnia de cazadores-recolectores de Tanzania central.

La población bacteriana más diferenciada resultó la de los hadza, lo cual podría deberse a que sus hábitos alimentarios difieren considerablemente de los de las demás poblaciones mencionadas. El estudio concluyó que la microbiota intestinal de los porteños se parece más a la de los chilenos que a la de sus vecinos rosarinos, una similitud que se debe a que en los habitantes de ambas capitales ocupan un lugar destacado las bacterias del género *Akkermansia*, así llamado en honor del microbiólogo holandés Antoon Akkermans (1940-2006). Esos microorganismos se consideran indicadores distintivos de un intestino sano.

Hoy investigadores de todo el mundo trabajan para comprender la relación simbiótica entre seres humanos y estos microbios altamente diversos y cambiantes. Ello permitirá no solo saber cuáles especies bacterianas componen la microbiota de distintos grupos sino, también, encontrar terapias nutricionales y farmacológicas personalizadas. CH

Más información en BELFORTE F *et al.*, 2019, 'Getting to know the gut microbial diversity of Metropolitan Buenos Aires Inhabitants', *Frontiers in Microbiology*, 10, 965. DOI *10.3389/fmicb.2019.00965*

Ayelén Rosso
ayelen.daiana92@gmail.com

¿Podrían los chimpancés aprender a cocinar?

El pasaje de comer alimentos crudos a consumirlos cocinados marcó un importante hito en la evolución de nuestra especie. La acción de cocinar requiere varias habilidades cognitivas, como comprender la relación causa-efecto, planear tareas anticipadamente y tener autocontrol para esperar con paciencia hasta que la comida esté lista.

Estudios experimentales de nuestros parientes evolutivos más cercanos, los chimpancés (*Pan troglodytes*), realizados por dos investigadores de la Universidad de Harvard, Felix Warneken y Alexandra Rosati, muestran que esos homínidos tienen algunas de dichas habilidades cognitivas, entre ellas, comprenden que los alimentos pueden transformarse mediante la cocción, aceptan esperar a que se cocinen para consumirlos, son capaces de entregar alimento crudo para recibirlo cocido al cabo de un corto tiempo, e incluso llegan a transportarlo desde el lugar de recolección hasta el de cocción. También, prefieren la comida cocida a la cruda, e incluso se ha observado a chimpancés en libertad buscando semillas tostadas en incendios de áreas silvestres.

Los estudios –descriptos en el artículo citado al final– no demuestran que los chimpancés cocinen sus alimentos, pero sugieren que tienen las mencionadas habilidades cognitivas necesarias para hacerlo, las que en consecuencia habrían estado presentes en el ancestro común de ellos y de *Homo sapiens*, que vivió hace más de 4,5 millones de años. ¿Por qué no aprendieron y no cocinan como nosotros?

Podemos suponer que una razón por la cual ello sucedió fue que, separados ambos linajes, la evolución llevó a que ancestros nuestros más cercanos, los *Homo erectus*, aprendieran a controlar el fuego, hace quizá unos 500.000 años –una antigüedad sobre la que distintos antropólogos difieren en forma marcada–, cosa que no aconteció con los contemporáneos ancestros evolutivos de los actuales chimpancés. Como resultado, con el tiempo solo un grupo de primos se puso a cocinar y a consumir alimentos cocidos, con enormes consecuencias para sus descendientes.

Dado el mayor contenido energético de la comida cocida en comparación con la cruda, se postula, en efecto, que la adopción de aquella permitió al linaje humano adquirir cerebros de mayor tamaño, puesto que esos órganos requieren un alto consumo de energía proveniente de los alimentos o energía metabólica. Ese cambio anatómico, a su vez, habría abierto el camino hacia las restantes diferencias de capacidades intelectuales de chimpancés y seres humanos actuales. CH

Federico Coluccio Leskow
fedocles@gmail.com

Mas información en WARNEKEN F y ROSATI AG, 2015, 'Cognitive capacities for cooking in chimpanzees', *Proceedings B, Royal Society*, 282: 20150229, accessible en *http://doi.org/10.1098/ rspb.2015.0229*, y en *https://youtu.be/sogRez_p5yM*. También en la gragea 'No se habla con la boca llena', publicada por el mismo autor en Ciencia Hoy, 25, 148: 11, 2016.

Electroaerodinámica, o cómo volar por impulso iónico

¿Cómo vuela un avión? Sabemos que tiene alas y motores. Las alas le dan sustentación y los motores lo impulsan hacia adelante. Sin las alas, podremos poner el motor a máxima potencia, pero jamás lograremos remontar vuelo; sin el motor, en cambio, el avión podrá planear, pero jamás despegará de la tierra sin ayuda.

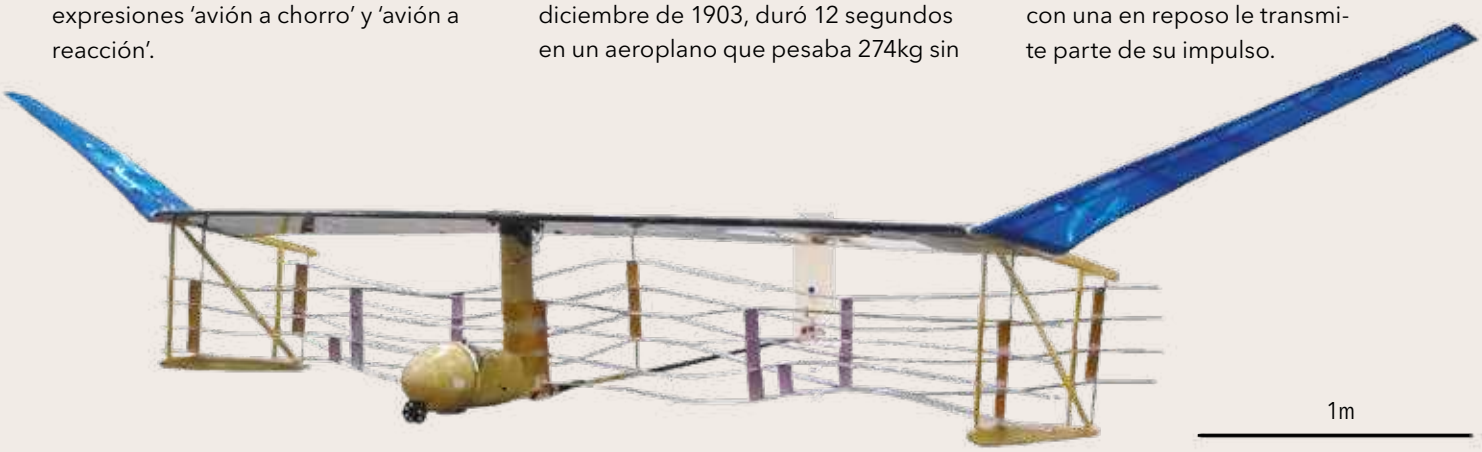
El motor, sea con cilindros como nuestros automóviles o del tipo turbina, tiene por propósito crear una corriente de aire hacia atrás, como resultado de la cual el avión se ve impelido hacia adelante. Esa corriente puede producirse por rápido movimiento giratorio de una hélice –que opera igual que un ventilador–, la cual a su vez puede estar descubierta o a la vista, adelante o atrás del fuselaje o hasta de las alas, o puede estar oculta por la carcasa que protege la turbina. En el último caso se suele hablar de aviones 'turborreactores'. También es común la propulsión de aviones por turbinas y sin hélice, que crean la corriente de aire hacia atrás en forma del chorro de aire y gases causado por la ignición del combustible. De ahí las expresiones 'avión a chorro' y 'avión a reacción'.

Si quisiéramos buscar una forma de propulsión de aeronaves que no quemara combustibles, deberíamos investigar cómo producir una corriente de aire con esa restricción. Tomemos una pila o una batería, todas las cuales tienen dos polos, uno positivo y otro negativo. Si se la conecta adecuadamente circulará una corriente eléctrica entre estos polos. Aprovechando ese fenómeno, sería teóricamente posible hacer circular entre dos polos eléctricos o electrodos no solo una corriente eléctrica sino, también y por la razón que se explica enseguida, una de aire.

Hace muy poco tiempo un grupo de investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) logró precisamente eso: hacer volar sobre la base de lo anterior un pequeño avión sin hélices ni otras partes móviles. Podría decirse que aprovecharon los principios de la electroaerodinámica e hicieron desplazarse por el aire, durante 8 segundos y a unos 50cm del suelo, el pequeño aparato de 2,5kg de peso y 5m de envergadura alar que muestra la figura. El primer vuelo de los hermanos Wright, en diciembre de 1903, duró 12 segundos en un aeroplano que pesaba 274kg sin el piloto y tenía una envergadura alar de 12m.

¿Cómo lo hicieron? Diseñaron y colocaron debajo del ala de su pequeño aeroplano un conjunto de módulos que actúan como pilas, cada uno dotado de dos electrodos de diferente capacidad, con el positivo mucho más pequeño que el negativo y una diferencia de potencial eléctrico entre ambos de unos 40.000 voltios, enorme si se compara con los 220v de la corriente doméstica en la Argentina. Ello conduce a la formación de una reducida región cerca del electrodo positivo de cada módulo en que las moléculas del nitrógeno de la atmósfera adquieren una carga eléctrica positiva, es decir, se ionizan. (Iones son átomos o moléculas que han ganado o perdido uno o más electrones y dejado, en consecuencia, de ser eléctricamente neutros.)

Debido a la diferencia de potencial señalada, esos iones con carga son atraídos hacia el electrodo negativo, y la corriente de iones así originada tiene un efecto de arrastre sobre las moléculas neutras del aire. Ello es así porque cuando una molécula en movimiento choca con una en reposo le transmite parte de su impulso.



Fotografía del avión electroaerodinámico después de haber hecho múltiples vuelos de prueba.

Como resultado, cada uno de estos dispositivos actúa como una pequeña hélice que genera, literalmente, un viento iónico.

Cada electrodo positivo de los módulos del equipo del MIT está formado por un alambre muy fino y se ubica en la parte delantera del adminículo, mientras que cada electrodo de carga negativa sobre el que va a pasar el viento iónico tiene un perfil semejante al de un ala convencional de avión. Al pasar aire en movimiento por cada una de estas minialas, ellas generan una pequeña sustentación, lo mismo que hace dicha ala convencional al desplazarse por el aire. La acumulación de muchas pequeñas contribuciones termina sustentando el pequeño aeroplano y la suma de todas las brisas de viento iónico produce el empuje que lo impulsa hacia adelante.

El experimento del MIT demostró que el vuelo electroaerodinámico es posible. El avión que lo realizó está en estos momentos en el límite de la tecnología: no podría haber sido mucho más grande, ni mucho más pesado, ni haber volado por mucho más tiempo. Pero voló, lo cual nunca había sucedido antes. Posiblemente algo parecido se podría decir sobre el vuelo de 1903 de los Wright, que inauguró la era de la aviación actual y que hoy, 116 años después, no se duda en calificar como el inicio de una revolución tecnológica. ¿Dirán lo mismo dentro de 116 años sobre el experimento del MIT? CH

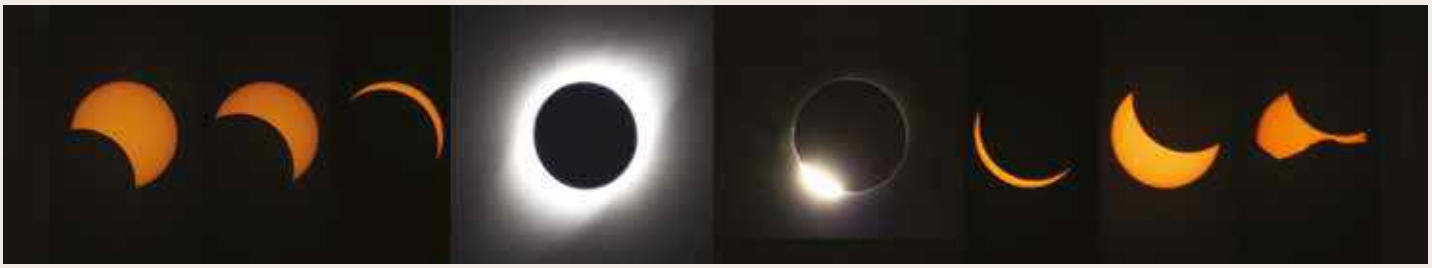
Alejandro Gangui
@algangui

Más información en PLOURABOUÉ F, 2018, 'Fight with ionic wind', *Nature, News and views,* 21 de noviembre, accesible en *https://www.nature.com/articles/d41586-018-07411-z.* El artículo técnico del equipo del MIT es XU H *et al.,* 2018, 'Flight of an aeroplane with solid-state propulsion', *Nature,* 563: 532–535, accesible en *https://www.nature.com/articles/s41586-018-0707-9.*

Nuestro eclipse sanjuanino

En las páginas 53 a 59 del número anterior, Ciencia Hoy publicó algunas precisiones sobre los eclipses totales de Sol, en anticipación de los dos que se apreciarían en la Argentina con relativamente poca diferencia de tiempo: respectivamente el 2 de julio de 2019 y el 14 de diciembre de 2020.

Acontecido el primero, podemos incluir en este número las imágenes que uno de los editores de la revista, Alejandro Gangui, tomó de él en la provincia de San Juan. En sus fotografías, puestas en orden temporal de izquierda a derecha, se aprecian las fases de parcialidad y totalidad, así como la corona solar y el anillo de diamante. La serie exhibe una curiosidad adicional debida a que, por haber acaecido el fenómeno en horas cercanas a la puesta del Sol, hacia el final de su duración este ya caía detrás de las montañas al occidente. Por tal razón, para los observadores de esa provincia, cuando la Luna ya estaba próxima a dejar de eclipsar el disco solar, se produjo otro eclipse de Sol que comenzó en su parte inferior y pronto lo hizo desaparecer por completo. En ese caso, fueron los cerros los que se interpusieron entre el astro y el observador, como lo muestra la última fotografía de la derecha. CH



Peces de las profundidades marinas ven colores en la oscuridad

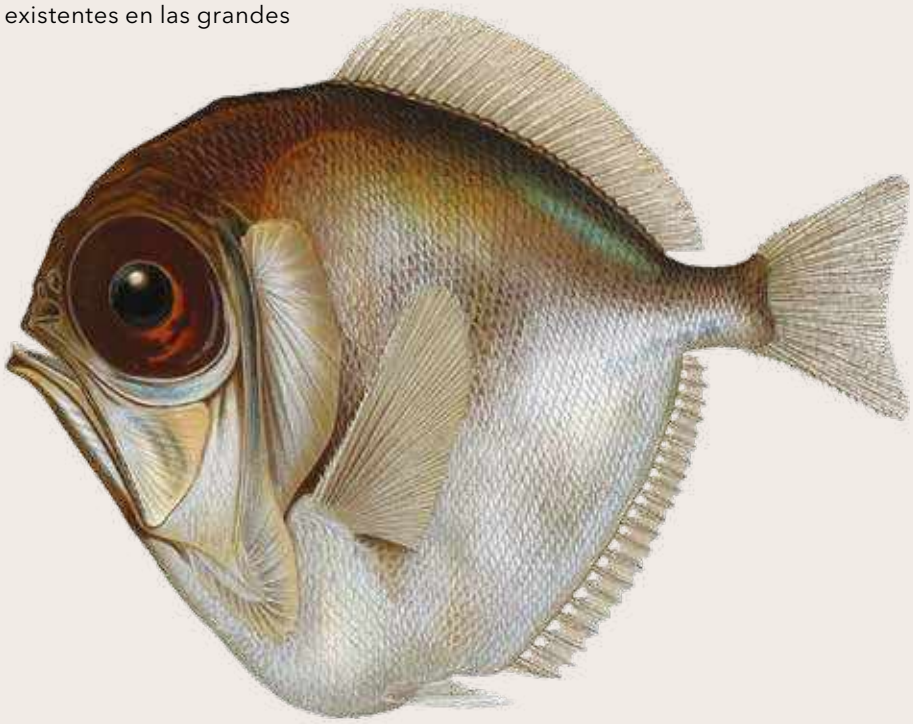
Como regla general, los vertebrados, humanos incluidos, no distinguimos los colores cuando la luminosidad es muy débil. De ahí el conocido dicho que de noche todos los gatos son pardos. Esto se aplica también al mar, donde, a medida que aumenta la profundidad, menor es la luz que llega; a mil metros, reina completa oscuridad. Muchas criaturas que pueblan las profundidades emiten su propia luz por bioluminiscencia, pero esta se disipa en las tinieblas. Se admite que allí la visión de los colores es imposible para los animales y probablemente inútil. Sin embargo, este no es el caso de algunos peces que habitan los fondos oceánicos.

La visión de los vertebrados, incluidos los peces, reposa sobre dos tipos de estructuras llamadas fotorreceptores: los conos y los bastones. Los primeros, activos cuando la luminosidad es fuerte, permiten distinguir colores. Los vertebrados tienen hasta cuatro tipos diferentes de conos; el ser humano posee tres, que posibilitan percibir respectivamente el rojo, el verde y el azul.

Un estudio reciente demuestra que ciertos peces abisales escapan a la regla indicada en el primer párrafo y ven colores en la oscuridad. Antes de hacer este descubrimiento los investigadores analizaron el genoma de 101 especies de peces y hallaron que 13 de ellas poseen varios genes que controlan la actividad de unas proteínas sensibles a la luz llamadas *rhodopsinas*, una variedad de las *opsinas* tratadas en el artículo que se publica en la página 18 de este número. El record lo tiene *Diretmus argenteus*, un pez con ojos sobredimensionados y escamas ventrales pares dotadas de puntas agudas, en el que 38 genes diferentes podrían ejercer ese control. Un análisis de fragmentos de ARN presentes en la retina de dicho pez reveló que 14 de esos genes estaban activos en forma simultánea.

'Nunca encontramos tal número de genes en un vertebrado', dice Eric Warrant de la Universidad de Lund, en Suecia, 'y jamás una sensibilidad a la luz tan concentrada en los azules'. Cada uno de los elementos de las rhodopsinas es sensible a una pequeña porción de espectro de la luz azul. Para los autores, de un artículo publicado en *Science*, citado al final, sus bastones permitirían al pez en cuestión aprovechar los raros rayos de luz existentes en las grandes profundidades para distinguir siluetas de congéneres del fondo marino que tengan coloración azul. También le permitirían distinguir ínfimas diferencias en las fuentes de bioluminiscencia del fondo marino y adaptar su comportamiento en función de quién la emite: compañero, presa o predador. Sería interesante, en el futuro, confirmar estos resultados por experimentos comportamentales estudiando estos animales en el laboratorio o –algún día– *in situ*. CH

Adaptado de DIOUX O, 'Des poissons des abysses voient les couleurs dans le noir', *La Recherche*, 549-550, julio-agosto 2019. Más información en MUSILOVA Z *et al.*, 'Vision using multiple distinct rod opsins in deep-sea fishes', *Science*, 364, 6440: 588-592, 10 de mayo 2019.



Diretmus argenteus, un pez encontrado en la mayoría de los mares hasta 2000m de profundidad. Su cuerpo achatado en forma de disco puede alcanzar los 40cm de diámetro. Dibujo Emma Kissling, 1911.

Concurso Literario Juvenil

La CIENCIA *en los* CUENTOS *2019*

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

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

El jurado está compuesto por los siguientes expertos:

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

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

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

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

El plazo de presentación de las obras cerrará el

30 de septiembre de 2019

Son coordinadores del concurso **Viviana Bianchi y Alejandro Gangui**

Bases del concurso en:

http://cms.iafe.uba.ar/gangui/difusion/concurso/19/

Informes o consultas:

Asociación Civil Ciencia Hoy
Tel: +54 11 4961-1824
cienciahoy2015@gmail.com

Dirección de Relaciones Institucionales Conicet
Tel.: +54 11 4899-5400
www.conicet.gov.ar

Eduardo Spivak

Los ojos de los animales

La vida está íntimamente asociada con la luz. Plantas, animales y muchos organismos unicelulares, incluidas las bacterias, tienen moléculas que reaccionan químicamente cuando son expuestas a la luz e inician importantes procesos, como la fotosíntesis en las plantas y la visión en los animales. Las moléculas que permiten la visión se encuentran en células llamadas *fotorreceptores*.

La visión es exclusiva de los animales y les suministra información más o menos detallada del ambiente, desde la posición de una fuente de luz hasta la formación de imágenes ¿Qué animales tienen órganos que permiten la visión? Los biólogos clasifican a los animales en grandes grupos. Uno de los más generales o de nivel más alto se llama *phylum* (plural *phyla*) y sus integrantes reciben un nombre científico de raíz latina o griega; los principales grupos que le siguen en orden descendente de generalidad son *clase*, *orden*, *familia*, *género* y *especie*. Cada phylum –que a veces en castellano se denomina *tipo*– tiene un conjunto único de características, desde morfológicas a moleculares, e incluye desde unas pocas especies hasta más de un millón de ellas.

¿DE QUÉ SE TRATA?

En distintos animales, los ojos tienen estructuras diversas pero responden a principios similares.

Ojo simple con la copa en forma de cámara oscura del molusco de la clase de los cefalópodos *Nautilus pompilus*. Wikiwand

El ojo más grande conocido hasta hoy en una especie viviente es el del calamar gigante *Architeuthis dux*. Mide unos 30cm de diámetro y se destaca en este ejemplar de unos 9m de largo que se conserva plastificado en resinas en el Museo Nacional de Historia Natural de Paris. Stephane de Sakutin/AFP/Getty images

En 20 de los 33 phyla animales que generalmente se reconocen hoy encontramos algunas o muchas especies que perciben la luz. Otras han perdido esa capacidad en el curso de la evolución como consecuencia de adaptarse a ambientes particulares, mientras sus parientes los conservan. Los integrantes de los 13 phyla restantes, sobre todo animales acuáticos, probablemente nunca la tuvieron. Algunos, como las esponjas, viven adheridos al fondo y no se desplazan; otros son pequeños y a veces de estructura muy simple. Los extraños ctenóforos, parecidos a las medusas, pero distintos de ellas, forman parte de estos 13 grupos.

Los phyla mencionados en este artículo son *Porifera* (esponjas), *Ctenophora* (ctenóforos), *Cnidaria* (corales, anémonas de mar, medusas), *Arthropoda* (insectos, arañas y crustáceos), *Annelida* (lombrices de tierra y mar, sanguijuelas), *Mollusca* (caracoles, almejas, ostras, calamares y pulpos), *Platyhelminthes* (planarias, tenias y muchos otros gusanos parásitos), *Echinodermata* (estrellas y erizos de mar) y *Chordata* (todos los vertebrados y algunas formas afines).

Opsinas

Los pigmentos visuales son principalmente proteínas de la familia de las *opsinas* que están en la membrana de las células que permiten la visión. Asociados con esas proteínas, además, hay un derivado de la vitamina A llamado *retinal*. Al recibir la luz, este sufre un cambio de forma (técnicamente, una *isomerización*) que provoca una modificación estructural en las opsinas. La secuencia de reacciones bioquímicas (técnicamente, la *transducción*) así originada es muy similar a la que ocurre en células que reaccionan ante otros estímulos, como las moléculas conocidas por *mensajeros químicos*. La consecuencia final es la producción de una señal eléctrica en el sistema nervioso que, en los animales con cerebro, constituye información en última instancia recibida por este.

Las células animales que actúan como fotorreceptores tienen membranas con abundantes pliegues microscópicos, lo cual les da una gran superficie, capaz de alojar muchas moléculas de opsina. Esos pliegues se originan a partir de dos estructuras celulares: las *cilias*, que poseen estructuras de proteínas capaces de darles cierta rigidez, a modo de un esqueleto interno, y las *microvellosidades*, que carecen de ese esqueleto. En consecuencia, los fotorreceptores se denominan respectivamente *ciliares* y *rabdoméricos*, y las opsinas que posee cada uno, llamadas respectivamente *c-opsina* y *r-opsina*, así como la secuencia de reacciones que tienen lugar hasta generar la señal eléctrica, son algo diferentes.

Por otra parte, como lo explicó Mario Guido en 'Percibir la luz proporciona más que visión a los animales' (Ciencia Hoy, 151: 43-46, septiembre-octubre 2016), existe en estos una fotorrecepción no visual, que permite evaluar esencialmente la intensidad de la luz en el ambiente. No se basa en fotorreceptores ciliares ni rabdoméricos sino en células aisladas o reunidas en grupos, tanto distribuidas sobre la superficie del cuerpo como confinadas al sistema nervioso. Estos receptores no permiten guiar un comportamiento, pero sí detectar, por ejemplo, los ciclos ambientales de luz y oscuridad y regular así el funcionamiento de órganos o sistemas. Las moléculas dotadas de este tipo de fotorrecepción son los *criptocromos*, también presentes en las plantas, y algunas opsinas, como la *melanopsina*, exclusivas de los animales.

De lo simple a lo complejo

La aparición de células fotorreceptoras ciliares o rabdoméricas, que es el primer requisito para percibir luz, debe haber ocurrido tempranamente en la historia de la evolución animal. La capacidad de reconocer el punto de origen de la luz se habría alcanzado cuando los fotorreceptores incorporaron pigmentos que bloquean la que proviene de ciertas direcciones o cuando se asociaron con células pigmentadas. La unidad formada por la célula fotorreceptora y el pigmento suele llamarse *ocelo* (del latín *ocellus*, ojito): esta sería la forma más rudimentaria de un ojo. Típicamente, los ocelos tienen uno o unos pocos receptores, se ven externamente como una mancha coloreada debido al pigmento, y son el único mecanismo visual de 11 phyla.

La sensibilidad direccional mejora cuando muchos fotorreceptores comparten una única capa de pigmento hundida en la superficie corporal y forman una ca-

vidad que semejante a una copa. Los ocelos con forma de copa se denominan *ojos simples* y se encuentran en algunos platelmintos, anélidos, moluscos y sus larvas, o como ojos adicionales en adultos de varios phyla.

Cuando la cavidad presenta un orificio estrecho (como una copa de cognac), aumenta la capacidad de restringir las direcciones desde donde provienen los rayos de luz que llegan a los fotorreceptores y mejora la percepción. Pero hay casos más extremos, por ejemplo, con la cavidad grande y el orificio ínfimo. Como se sabe, en el fondo de una caja cerrada con un orificio del tamaño de un alfiler, la llamada cámara oscura, se forma

Una planaria, uno de los tantos platelmintos o gusanos chatos. Tiene ojos simples en forma de copa, con un amplio orificio por el que entra la luz. Muchas de sus numerosas especies están presentes en buena parte de los hábitats del mundo. Es un invertebrado de uso frecuente en laboratorios de enseñanza e investigación. La imagen lo muestra unas seis veces su tamaño natural, pues suele medir alrededor de 2cm de largo.

El caracol terrestre europeo (*Helix pomatia*), una especie comestible a menudo llamada *escargot* en jerga culinaria, tiene una caparazón de unos 5cm y ojos con cristalino esférico en el extremo de dos largos tentáculos. Wikimedia Commons

una imagen. El *Nautilus*, un pariente de los calamares con una hermosa conchilla en espiral, tiene un par de ojos de este tipo, de 1cm de diámetro. También los tienen las almejas gigantes, numerosos, pequeños, ubicados justo debajo del borde de la conchilla.

Los ojos como cámaras fotográficas

Los ojos más complejos forman mejores imágenes debido a la adición de una lente al orificio de la copa, y a la presencia de un mayor número de fotorreceptores, lo que aumenta la percepción de la luz. Estos son los *ojos complejos*, que contienen los mismos dos elementos básicos que las cámaras fotográficas, a saber:

- una lente –el cristalino o la córnea– que permite concentrar los rayos luminosos y enfocarlos en determinado sitio, y
- una superficie sensible a la luz –la retina–que recibe la luz y contiene los fotorreceptores y las células con pigmentos,

Hay 9 phyla en los que existen especies con ojos complejos, dotados de lente. En general, aunque no siempre, tienen un par, ubicados en la cabeza y relacionados con cerebros cada vez más perfeccionados.

En la mayoría de los casos, la lente está constituida por proteínas transparentes. Los cristalinos de animales acuáticos, como peces, pulpos, calamares, algunos caracoles, anélidos, crustáceos y también algunas medusas muy particulares, son de forma esférica.

La córnea, que en los peces es una simple lámina que protege las estructuras internas del ojo, en los vertebrados terrestres se convierte en una lente que contribuye a la formación de imágenes, pero la mayoría de esos vertebrados también poseen cristalino, que, en las aves y los mamíferos, realiza la acomodación del ojo, es decir, su enfoque correcto a diferentes distancias. La existencia de múscu-

Las arañas saltadoras son veloces predadores que tienen excelente visión, una de las más agudas de los invertebrados. La imagen corresponde a un macho de la especie *Phidippus audax*, común en América del Norte, que mide unos 2cm y puede saltar entre 20cm y 1m. Tiene 8 ojos, dos pares en la frente (el central muy grande, con una lente corneal, y el lateral más chico) y otros dos en el dorso (uno de tamaño intermedio y otro muy pequeño). Los ojos más grandes tienen una alta resolución, pero estrecho campo visual; lo contrario ocurre con los 6 ojos restantes. Las franjas verde iridiscente en la boca son *quelíceros*, órganos con los que el animal sujeta el alimento e inyecta veneno en sus presas o atacantes. Foto Alejandro Santillana. UTexas. Wikimedia Commons

Las vieiras son moluscos con dos valvas de forma conocida por ser símbolo de una de las grandes empresas petroleras multinacionales. La imagen corresponde a un ejemplar de la especie *Argopecten irradians,* del Atlántico Norte, que alcanza un ancho de hasta 7,5cm. En la foto tiene las valvas algo separadas y sobre el borde de cada una de ellas se advierten sus numerosos ojos como puntos azules que se destacan entre numerosos tentáculos. En cada ojo, la luz se refleja en un espejo ubicado debajo de la retina, como en los grandes telescopios. Foto Universidad de Florida

los que modifican la forma del cristalino y la de diafragmas como el *iris* respectivamente mejoran la posibilidad de enfocar y regulan la entrada de luz. Otro ejemplo de ojo corneal carente de cristalino se encuentra en las arañas, en particular las saltadoras.

Por último, hay ojos que llevan dos o más lentes en serie, como el ocular y el objetivo de un microscopio, en tanto que unos pocos animales tienen espejos cóncavos en lugar de lentes, como en un telescopio. Lo último caracteriza los numerosos ojos del borde de la conchilla de las vieiras.

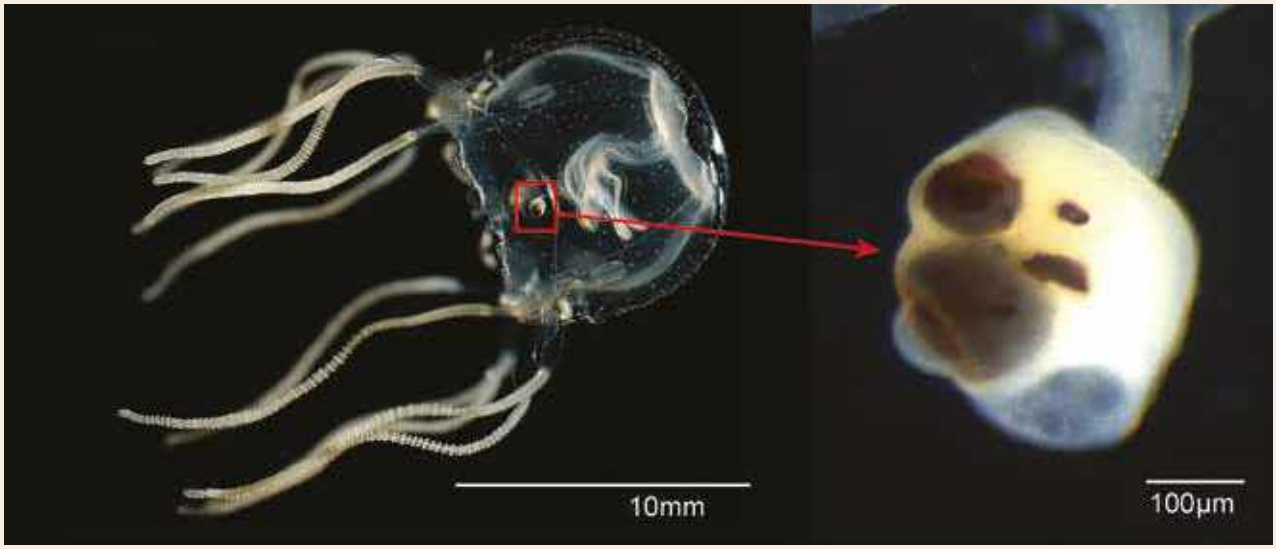
No dos sino muchos ojos

Los vertebrados tienen un único par de ojos, aunque nunca se puede generalizar en biología: el pez *Anableps anableps*, natural del norte de Sudamérica, posee dos ojos dobles, cada uno con dos lóbulos divididos por una banda horizontal. Se puede así decir que tiene dos pares de ojos, adaptados respectivamente a la visión aérea y la acuática. En cambio, muchos invertebrados pertenecientes a diversos phyla tienen múltiples superficies fotorreceptoras, aisladas o juntas, a veces con pigmentos y lentes individuales. Se dan dos casos bien diferentes:

- que existan decenas, cientos o miles de ojos pequeños distribuidos sobre la superficie del cuerpo, como ocurre en muchas medusas, los equinodermos, los gusanos abanico (que son anélidos) y varios tipos de moluscos (arcas, almejas gigantes, vieiras y quitones). Los quitones viven adheridos a las rocas marinas y tienen el cuerpo protegido por 8 placas; entre ellos hay una especie muy interesante, *Acanthopleura granulata*, cuyos ojos tienen

LA PARADOJA DE LAS AVISPAS DE MAR

Los cnidarios o medusas de la clase *Cubozoa*, vulgarmente avispas de mar, cuyo veneno es mortal hasta para humanos, tienen 4 grupos de 6 ojos cada uno, pero carecen de cerebro para procesar la información que producen. Los de la especie *Tripedalia cystophora* tienen 4 ojos simples y 2 comparables a los de vertebrados, pero se comprobó que producen visión borrosa porque la retina está fuera de foco. Su función es una cuestión no resuelta.



Tripedalia cystophora. https://doi.org/10.1371/ journal.pone.0098870.g001

OJOS DE EQUINODERMOS

En una famosa serie de dibujos animados protagonizada por animales marinos, Bob Esponja y su amigo Patricio Estrella tienen dos grandes ojos: el segundo, además, es de escasa inteligencia. Ello no es correcto: las esponjas no tienen ojos y la mayoría de las estrellas de mar tienen ojos compuestos, similares a los de artrópodos, en el extremo de cada brazo. Se demostró que muchas especies de esas estrellas se guían por la visión en la búsqueda de alimento y refugio, y se sabe que una de ellas, *Linckia laevigata*, es capaz de formar imágenes, aunque de baja resolución. Hace poco se encontraron estrellas de mar con ojos en aguas profundas del ártico, donde no hay luz. Algunas emiten luz por bioluminiscencia, por lo que se puede suponer que la visión interviene en el comportamiento reproductivo.

LUZ Y COLOR

Los fotorreceptores de los animales tienen moléculas sensibles a distintas longitudes de onda del espectro luminoso, o distintos colores. Los vertebrados tienen células que detectan toda luz llegada a ellas independientemente de su color, llamadas *bastones*, y otras que detectan luz de determinado color, llamadas *conos*. El sistema nervioso procesa las señales de los distintos tipos de conos para establecer el color de la luz llegada. Los primates tenemos tres tipos de conos, sensibles respectivamente al rojo, verde y azul, lo cual nos permite distinguir muchos colores. Los ojos de aposición del crustáceo *Haptosquilla trispinosa* tienen doce tipos de fotorreceptores sensibles a diferentes colores, con una precisa organización espacial, pero no necesitarían complejos procesos neurales, de los que carecen, para su interpretación. Los extraordinarios ojos de los pulpos, en cambio, no detectan los colores.

Linckia laevigata. http://effegua.myphotos.cc/Fotosub/Molluschi/ Linckia%20laevigata%20-%20%20Filippine.jpg

Haptosquilla trispinosa. Foto Dariush Shemtoob

lentes formados por el mineral que compone las placas, la aragonita, y

- que muchos ocelos se agrupen ordenadamente en dos grandes ojos. Esta alternativa al ojo cámara, que se conoce como *ojo compuesto*, está presente en la mayoría de los integrantes del inmenso phylum *Arthropoda*, sobre todo en insectos y crustáceos; pero no en arañas).

¿Qué ven las moscas y sus parientes?

En los artrópodos, el tipo más común de ojo compuesto es el *ojo de aposición*, que ya tenían los trilobites hace más de 500 millones de años. Si bien el grupo se extinguió hace 200 millones de años sus lentes, constituidas por calcita, persistieron en los fósiles.

En los ojos de aposición, cada fotorreceptor, o cada grupo con unos pocos de ellos, tiene una lente y una zona pigmentada formando una estructura que se denomina *ommatidium* (plural *ommatidia*) y constituye el elemento básico de la resolución espacial de los ojos compuestos. Cada ojo incluye entre 20 y 30.000 omatidias, y su aspecto exterior es facetado, pues consiste en una superficie curva con estructuras hexagonales en mosaico. La integración de la información generada por las omatidias tiene lugar en el cerebro. Un clásico del cine de ciencia ficción de 1958, titulado *La mosca*, incluye el accidental intercambio de la cabeza entre una mosca y un científico. La película contiene un error, pues el hombre-mosca ve muchas caras de su horrorizada esposa.

Para mejorar la resolución de un ojo de aposición sería necesario que aumentara el número de sus omatidias y del diámetro de cada lente, lo cual impone un límite máximo a esa capacidad. Hay insectos cuyos ojos ocupan buena parte de la cabeza, como las libélulas o las moscas de la familia *Pipunculidae*. Si los ojos humanos fueran compuestos, deberían medir 1m de diámetro para alcanzar la misma resolución y nitidez que proveen nuestros ojos cámara.

Un cambio estructural permite un aumento de la sensibilidad de los ojos de los artrópodos, de modo que la luz llegue a los receptores desde muchos lentes. Es el *ojo de superposición*, que se encuentra en distintos insectos nocturnos y muchos crustáceos. Consta de una sola retina separada de los lentes cilíndricos por una región transparente. Con esto, no están tan obviamente divididos en omatidias.

Evolución de los ojos

Existe consenso acerca del hecho de que todos los animales descienden de un ancestro común, y que se fueron diferenciando a lo largo de cientos de millones de años. Las relaciones de parentesco entre ellos suelen representarse en forma de árbol genealógico, llamado en este caso árbol filogenético, un tema del que nos ocupamos en esta revista hace 13 años ('El árbol de la vida', Ciencia Hoy, 91: 10-24, febrero-marzo 2006). Es razonable pensar que ese ancestro común no tuviera ojos, ya que los animales que están en ramas más basales del árbol, como las esponjas y los ctenóforos, no los tienen. Curiosamente, las larvas nadadoras de algunas esponjas poseen fotorreceptores con los cuales se orientan en la búsqueda de un sustrato al cual adherirse, pero en ellas la molécula sensible a la luz parece ser citocromo-c-oxidasa y no una opsina.

Hoy se postula que ese árbol tiene dos ramas principales: los cnidarios y los *bilaterios*. Estos, animales con simetría bilateral, son la mayoría e incluyen dos ramas secundarias: *protostomados* y *deuterostomados*. En un principio, parecía que había fotorreceptores ciliares en cnidarios y deuterostomados, y rabdoméricos en protostomados. Pero luego se encontró que algunos protostomados (moluscos y anélidos) y deuterostomados (el anfioxo) tienen los dos tipos de fotorreceptores. En conclusión, el antecesor de los bilaterios debía tener por lo menos la capacidad de producir ambos.

Por otra parte, unos genes llamados Pax6 contienen, metafóricamente hablando, las instrucciones bioquímicas para la construcción de los ojos durante el desarrollo de todos los animales, desde medusas hasta mamíferos, como se explica en otra nota aparecida en la revista (Parodi A y Kornblihtt A, 'Tres genes con historia', Ciencia Hoy, 135: 61-63, octubre-noviembre 2013). Se puede esperar, por lo tanto, que el ancestro de cnidarios y bilaterios haya tenido ese gen.

Esas instrucciones, sin embargo, operan en cada grupo de animales con los materiales disponibles, ya que la

Eudorylas ruralis, mosca cabezona de la familia *Pipunculidae* cuyos ojos compuestos cubren toda su cabeza. Si tuvieran esa proporción, los ojos humanos medirían alrededor de un metro. Foto Dick Belgers, Wikimedia Commons.

evolución es oportunista o, como sostiene el gran biólogo y premio Nobel François Jacob, es chapucera: un constructor puede edificar una casa con diferentes materiales, como ladrillos comunes, huecos, bloques, madera, chapa, etcétera. Y recurriendo a distintos materiales, se puede diseñar un edificio con 20 departamentos o 20 casas aisladas.

En síntesis, distintos animales fabrican ojos –similares o diferentes– a partir de distintos grupos de células del embrión, pero los genes que organizan el trabajo suelen ser los mismos. La variedad de estructuras que median la visión en el reino animal y la uniformidad de los procesos genéticos en los que se basan las etapas iniciales de su desarrollo son una cabal ilustración de una característica fundamental de la vida: su unidad y su diversidad. CH

La mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*), utilizada en cientos de laboratorios de todo el mundo para estudios de genética, embriología y comportamiento, posee un par de *ojos compuestos de aposición*, cada uno con 760 unidades llamadas *omatidias*. Una omatidia consiste de un lente, 8 células fotorreceptoras, muchas células pigmentarias y algunas células de soporte. La imagen percibida por el insecto resulta de la integración de los datos que su cerebro recibe de omatidias que apuntan en direcciones levemente distintas. Comparados con ojos de apertura única, los compuestos proporcionan imágenes de baja resolución, pero tienen un ángulo de visión muy grande y alta capacidad de detectar movimiento. En la fotografía magnificada de uno de los ojos se adverten las facetas de las omatidias. Foto Sanjay Acharya, Wikimedia Commons.

LECTURAS SUGERIDAS

ARENDT D, 2003, 'Evolution of eyes and photoreceptor cell types', *International Journal of Developmental Biology*, 47: 563-571.

GARCÍA-BELLIDO D, 2011, 'Un ojo fósil de más de 500 millones de años', *Investigación y Ciencia*, 420: 34-41.

JORDÁN MONTÉS F, 2013, 'La visión de los insectos', *Investigación y Ciencia*, 444.

LAMB TD, 2011, 'La evolución del ojo', *Investigación y Ciencia,* 420: 33-41.

LAND MF, 2005, 'The optical structures of animal eyes', *Current Biology*, 15, 9: 319-323.

NILSSON DE, 2009. 'The evolution of eyes and visually guided behaviour', *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B, 364: 2833–2847.

ZAMORA S, 2017, 'Equinodermos con visión', *Investigación y Ciencia*, 493.

Eduardo Spivak

Doctor en ciencias biológicas, UBA.
Investigador principal jubilado, Conicet.
Profesor titular jubilado, UNMDP.
espivak@mdp.edu.ar

Rodrigo Díaz
Instituto de Astronomía y Física del Espacio,
UBA-Conicet

Gliese 411b
Encuentro cercano con un nuevo exoplaneta

Introducción

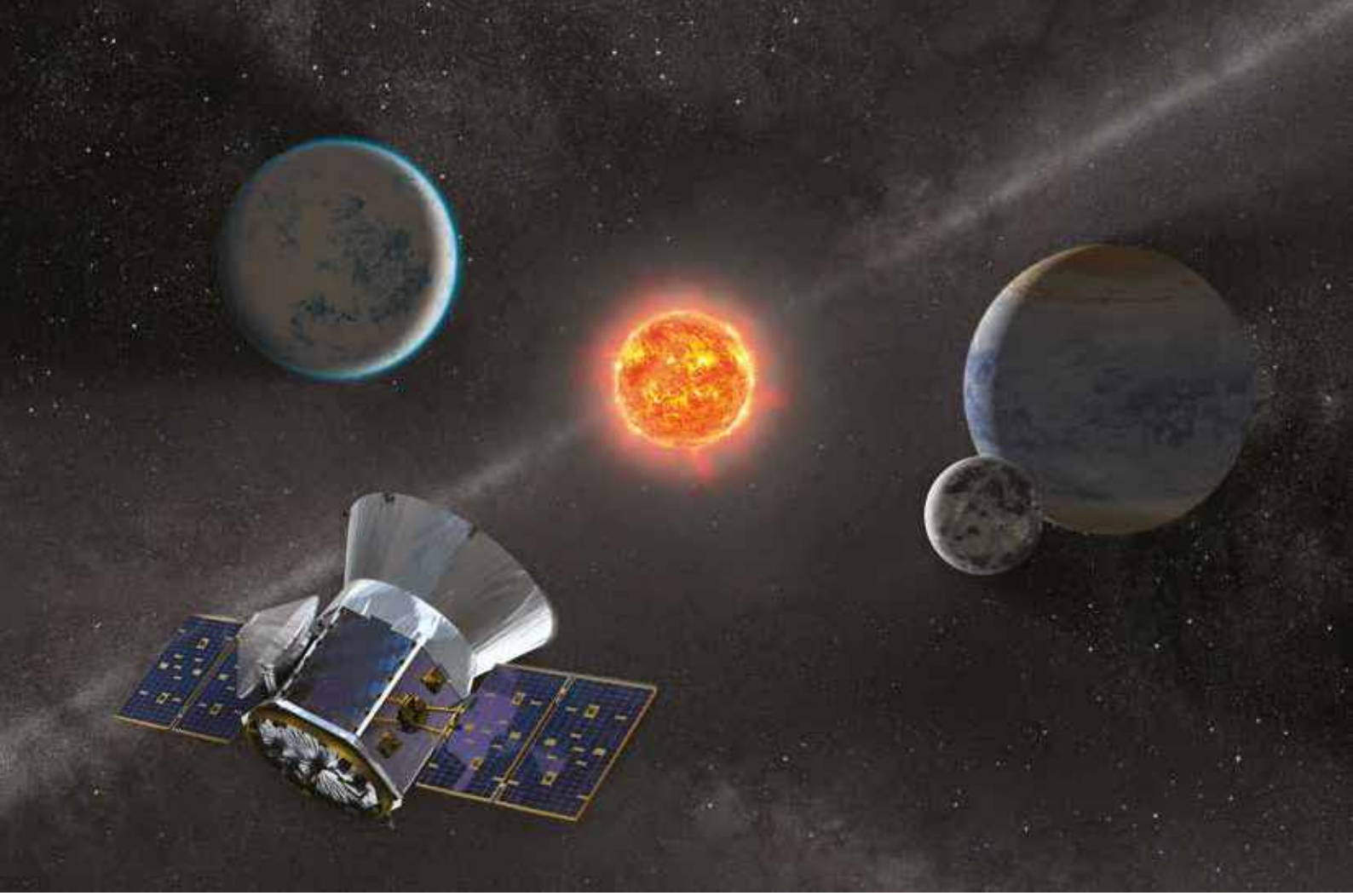
Desde la antigüedad, los planetas despertaron la curiosidad de la humanidad. Esas luces brillantes en el cielo se diferencian de todas las demás por una razón que se intuye profunda y trascendente. Su posición, a lo largo de los meses y los años, cambia con respecto a las llamadas estrellas fijas. De hecho, el término planeta viene del griego Πλανήτης, que significa significa errante, vagabundo o trotamundos. Explicar esta relativamente sencilla observación fue el objetivo de los primeros modelos de Ptolomeo y de Hipatia de Alejandría. Este problema iluminó el camino hacia la revolución científica, que culminó con la formulación de la ley de gravitación universal por parte de Isaac Newton, y de la que participaron, entre muchos otros, Copérnico, Galileo y Kepler. Todos ellos intentaban explicar precisamente el movimiento de los planetas.

El estudio de los planetas en órbita alrededor de estrellas que no son el Sol (llamados *planetas extrasolares o exoplanetas*) guarda similitudes con la historia de la exploración de los planetas del sistema solar. La gran cantidad de cambios y modificaciones en nuestra comprensión acerca de la formación y evolución de los planetas que se produjeron a partir de la detección de los primeros exoplanetas en la década de 1990 constituye una verdadera revolución en la astronomía y la astrofísica. Aún no hemos visto la culminación de esta revolución, y su fin no parece estar cerca. De hecho, el estudio de los planetas extrasolares podría llegar a proveer la primera evidencia de la existencia de vida fuera de la Tierra en las próximas décadas.

No es sorprendente, entonces, que el estudio de los exoplanetas despierte tanto interés y sea en la actualidad uno de los campos más activos de la astrofísica. Una gran cantidad de instrumentos y proyectos están destinados a ellos, y el número de investigadores que se dedican a estos cuerpos aumenta año a año, especialmente entre los jóvenes. Además, los exoplanetas son el objeto de varias

¿DE QUÉ SE TRATA?

Los descubrimientos de planetas ajenos al sistema solar, entre ellos el tercero más cercano a nosotros, abre entre otras cosas un camino para estudiar científicamente la posible existencia de vida fuera de la Tierra.



Representación por un dibujante de la misión *TESS*, con los planetas en torno de una estrella de tipo M. Goddard Space Flight Center

misiones espaciales, pasadas, presentes y futuras, tanto de la agencia espacial estadounidense (NASA) como de la agencia espacial europea (ESA).

Los primeros descubrimientos de planetas extrasolares en órbita de estrellas parecidas al Sol son relativamente recientes. Fue en 1995 cuando los astrónomos de la Universidad de Ginebra Michel Mayor y Didier Queloz anunciaron al mundo el descubrimiento de un objeto, con una masa de 0,47 veces la del planeta Júpiter (o 150 veces la masa de la Tierra), en una órbita de poco más de cuatro días de período alrededor de la estrella 51 Pegasi, o sea, en una órbita de alrededor del 13% de la distancia que separa a Mercurio del Sol. Este dato fue una enorme sorpresa y dio origen a un gran desarrollo de modelos de formación y evolución de los sistemas planetarios. Su importancia fue descripta con maestría por Cristian Beaugé y Walkiria Schulz en un artículo publicado en 2009 por Ciencia Hoy, citado entre las lecturas sugeridas.

Desde entonces, la acumulación acelerada de detecciones y nuevos sistemas aumentó las sorpresas y los descubrimientos inesperados. Aparecieron planetas de períodos cortos en órbitas excéntricas, o con órbitas inclinadas con respecto al eje de rotación de la estrella, o incluso planetas en órbitas retrógradas (es decir, la estrella rota sobre su eje en un sentido y el planeta orbita en el sentido opuesto). Se detectaron planetas en torno de estrellas binarias, planetas gigantes inflados que necesitan una fuente de energía todavía no completamente comprendida para explicar su tamaño, planetas con el tamaño de algunas veces el tamaño de la Tierra pero con densidades parecidas a las de Neptuno (casi cuatro veces menor que la de la Tierra), y decenas de otras observaciones que desafían nuestra conocimiento de estos cuerpos y que nos permiten, a la vez, avanzar en su comprensión.

En 2009 la NASA lanzó la misión espacial *Kepler*, que marcó un hito en esta era de descubrimientos. *Kepler* usó la técnica de los tránsitos para detectar planetas de tamaño similar al de la Tierra o incluso menores. Sus mediciones del brillo de más de 150.000 estrellas en las constelaciones de la Lira y el Cisne, durante alrededor de cuatro años, permitieron el descubrimiento de más de dos mil planetas en tránsito, y de otros tantos candidatos que aún aguardan confirmación. Gracias a este extenso catálogo pudo determinarse, con mucha precisión, la cantidad de planetas promedio por estrella. Si bien los relevamientos terrestres de velocidad radial ya habían obtenido mediciones de la cantidad de planetas extrasolares existentes en nuestra galaxia, las observaciones que hizo *Kepler* mejoraron los resultados y permitieron extenderlos a aquellos de pequeño tamaño. Ahora

MÉTODOS DE DETECCIÓN

Las enormes distancias que nos separan de las estrellas, incluso de las más cercanas, junto con el hecho de que estas son decenas o centenas de millones de veces más brillantes que la luz que reflejan sus planetas, hacen que la detección directa de los exoplanetas sea posible solo en sistemas cercanos y jóvenes, que son poco numerosos, pues en estos los planetas emiten mayor radiación. La enorme mayoría de los más de 4000 exoplanetas conocidos fue detectada por métodos indirectos. Las dos técnicas más exitosas hasta la fecha son la detección de tránsitos planetarios y de variaciones en la velocidad radial estelar. Además, estos métodos proveen información sobre importantes parámetros físicos de los planetas.

Método de los tránsitos

Si la órbita del planeta extrasolar se encuentra alineada con la visual desde la Tierra, desde nuestro punto de vista el planeta pasa periódicamente por delante del disco de su estrella (transita). Durante el tránsito, una fracción de la luz de la estrella es bloqueada por el planeta, por lo que una medición precisa del flujo de la estrella (con precisión de algunas partes en diez mil, típicamente) puede revelar la presencia de planetas en tránsito, incluso de tamaños similares a los de la Tierra.

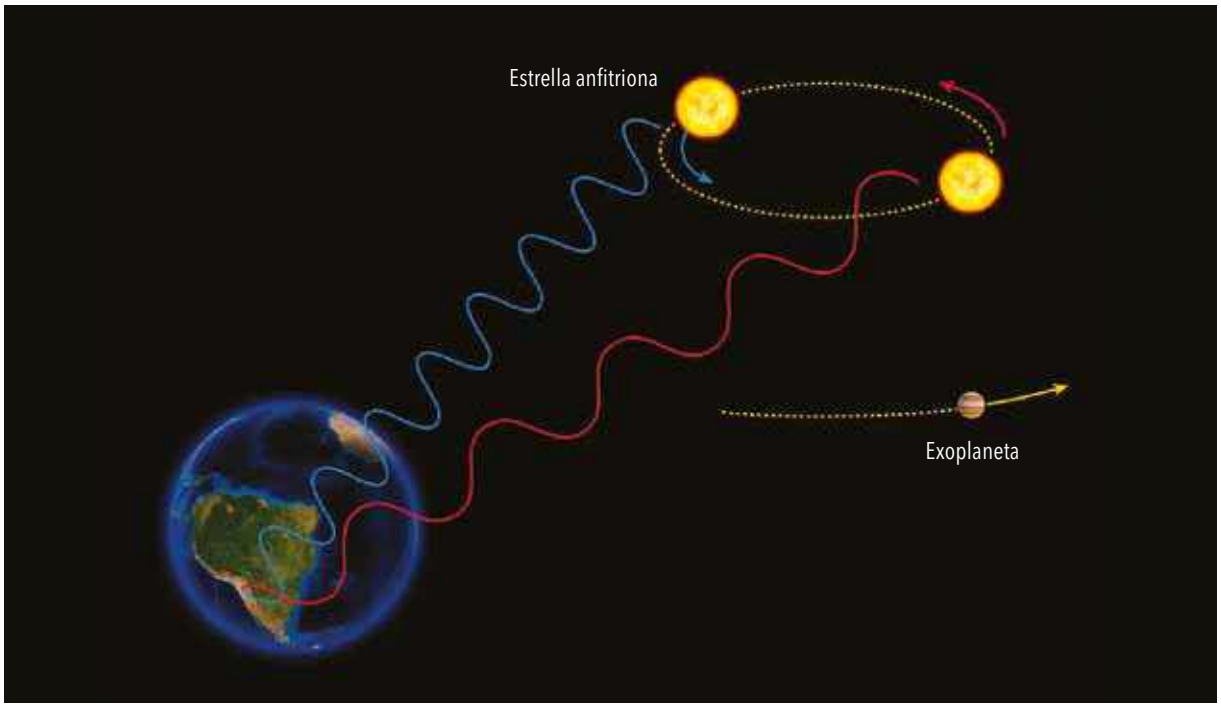
La magnitud de la disminución del flujo de luz de la estrella es proporcional al cuadrado del cociente de los radios del planeta y de la estrella $(Rp/Re)^2$. De manera que si se conoce por otro método el radio de la estrella, puede deducirse el radio del planeta. Además, la duración del tránsito y la duración del ingreso y el egreso pueden utilizarse para inferir el tamaño de la órbita del planeta y, aunque parezca increíble, la densidad media de la estrella.

Método de las velocidades radiales

Suele decirse que un planeta está en órbita alrededor de su estrella como si esta estuviese fija con respecto a un observador en la Tierra. En realidad, ambos cuerpos se mueven alrededor de un punto del espacio, que se denomina centro de masa, y que se encuentra en la línea que une sus centros, y tanto más cerca de la estrella cuanto más masa tenga esta que el planeta. Como consecuencia de este movimiento, a lo largo de su órbita la componente de la velocidad de la estrella en la dirección del observador (la Tierra) cambia. Esa velocidad, conocida como velocidad radial, puede medirse mediante el efecto Doppler (el corrimiento hacia longitudes de onda más cortas o más largas) que exhibe la luz de la estrella. La detección de variaciones periódicas permite, entonces, revelar la presencia de un planeta. La amplitud de la variación depende de la masa del planeta, pero hay una degeneración con la inclinación de la órbita, por lo que solo puede conocerse una cota inferior de la masa.

Como es esperable, la amplitud de la señal suele ser muy pequeña (del orden de 1m/s, o incluso menor), por lo que las mediciones de velocidad radial necesitan instrumentos estables, que operen en condiciones de presión y temperatura controlada.

Además, la técnica de velocidades radiales permite conocer, entre otras cosas, la excentricidad de la órbita (es decir, cuán elíptica es).



Método de las velocidades radiales. *https://www.eso.org/public/images/eso0722e/*

Telescopio de 1,93m del observatorio de la Alta Provenza, donde está instalado el espectrógrafo *SOPHIE*, con el que se detectó el exoplaneta Gliese 411b. CNRS/OHP

sabemos que la mayoría de las estrellas de tipo solar de nuestra galaxia, la Vía Láctea, tiene por lo menos un planeta de masa inferior a la de Neptuno. Sabemos también que los planetas rocosos más pequeños y similares a la Tierra son comunes. Los datos indican que en promedio existen 0,8 planetas por estrella, pero no permiten descartar que nuestra galaxia posea más planetas rocosos que estrellas de tipo solar. Además, sabemos que la órbita de muchos de ellos se encuentra dentro de la zona de habitabilidad, la distancia del planeta a su estrella donde las temperaturas son adecuadas para que, si este tiene un planeta con una atmósfera como la terrestre, pueda albergar agua líquida en su superficie, un elemento clave para pensar en la posibilidad de vida.

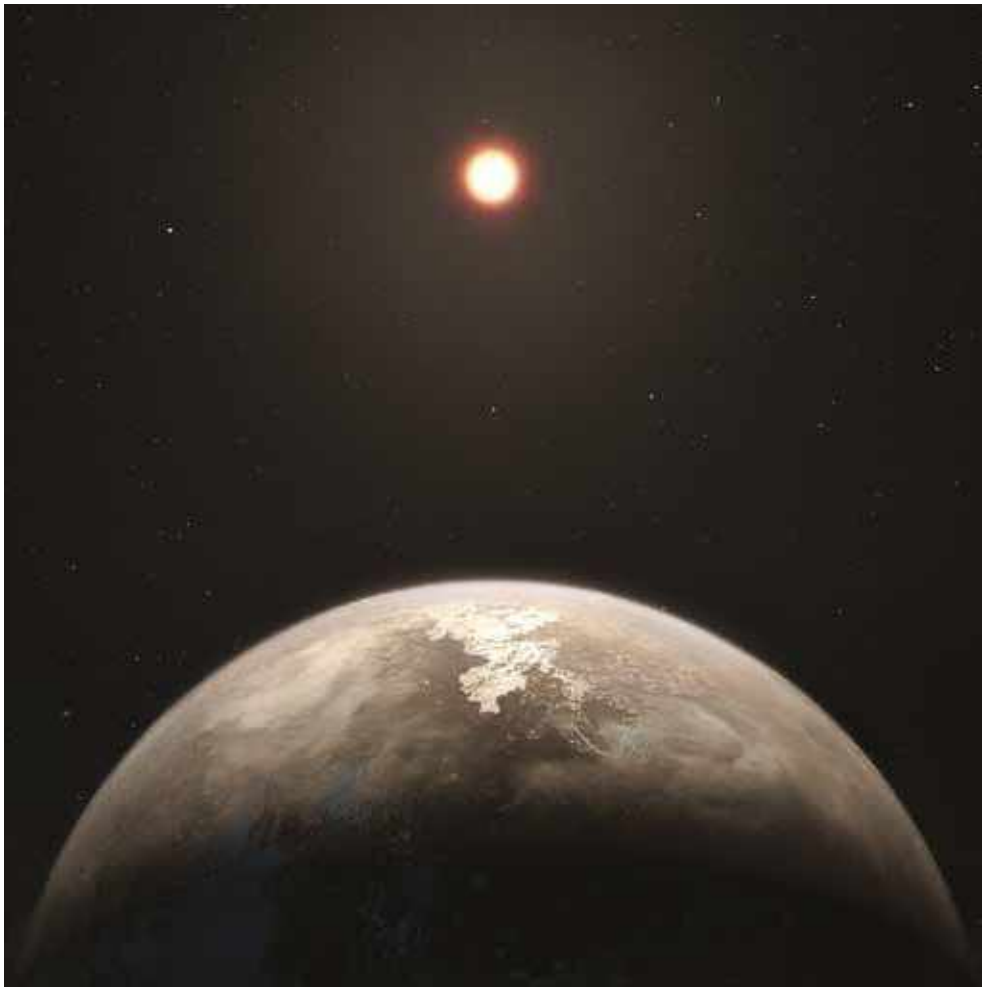
El extenso catálogo producido por *Kepler* culmina el trabajo de más de dos décadas iniciado desde la Tierra con relevamientos fotométricos y velocidades radiales, que detectó a los candidatos a planetas gigantes. La precisión de estas mediciones está limitada por las distorsiones atmosféricas y no permite la detección de planetas pequeños. Los candidatos descubiertos por los relevamientos fotométricos requieren mediciones complementarias de velocidad radial, que sirven para confirmar la naturaleza planetaria del objeto y medir su masa. Combinando ambas técnicas, podemos calcular la densidad media, que es el primer paso para estudiar la estructura interna: cómo se distribuye la masa entre el núcleo y el manto, y qué fracción de la masa está constituida por elementos volátiles, que se encuentran posiblemente en la atmósfera. Las estrellas observadas por *Kepler* son, en su mayoría, demasiado débiles para poder ser objeto de mediciones de velocidad radial de alta precisión por lo que, si bien tenemos información sobre su tamaño, ignoramos, o conocemos con muy escasa precisión, sus masas. Como consecuencia, no tenemos información sobre su densidad media, y su estructura interna nos resulta desconocida.

Para subsanar esta falta la NASA lanzó, en abril de 2018, la misión *TESS* (sigla de *Transiting Exoplanet Survey Satellite*) orientada a la detección de tránsitos alrededor de estrellas brillantes. En poco tiempo, *TESS*, permitió detectar una decena de planetas pequeños y medir su masa con buena precisión. *Kepler* se centró en el descubrimiento de nuevos planetas y *TESS*, en su caracterización y el estudio en detalle de sus estructuras internas y sus atmósferas.

Conocer las atmósferas de los exoplanetas no solo permite estudiar su composición y su química sino también su dinámica, por ejemplo, el patrón de vientos. Posibilita, además, caracterizar cómo cambian estos fenómenos con el tiempo. Y, como si esto fuera poco, el estudio de estas atmósferas abre una puerta hacia la exploración de la vida fuera del sistema solar por vía

de la búsqueda de biomarcadores, especies químicas presentes en la atmósfera que solo pueden existir, o mantenerse, por efecto de la vida. Más allá del interés astrofísico, por primera vez en la historia tenemos la posibilidad de encarar de manera científica la pregunta sobre la existencia de vida fuera del sistema solar. Esto es una verdadera revolución.

La señal producida por la atmósfera de exoplanetas rocosos es tan pequeña que las detecciones alrededor de estrellas brillantes y cercanas resultan fundamentales. Solo en ellas pueden realizarse las mediciones necesarias para estudiar las atmósferas en detalle. Se procura, además, que las estrellas sean pequeñas porque la señal es aproximadamente proporcional al cociente de los radios entre el planeta y la estrella, elevado a la cuarta potencia. Un mismo planeta orbitando una estrella de la mitad de tamaño que otra emite una señal dieciséis veces mayor.



Representación por un dibujante de un planeta en órbita de una estrella de tipo M, con características similares al sistema de Gliese 411. ESO/M Kornmesser

Existen dos métodos principales con los que podrán estudiarse las atmósferas exoplanetarias en el futuro cercano: la espectroscopía durante el tránsito y la alta resolución angular combinada con espectroscopía de alta resolución (HRI+HRS, por su sigla en inglés). Para la primera, las detecciones de *TESS* serán importantísimas con miras al futuro telescopio espacial James Webb (JWST). Este, gracias a su superficie colectora (diámetro del espejo de 6,5m) y al instrumental que llevará, podrá caracterizar las atmósferas de los planetas que transiten alrededor de estrellas brillantes de baja masa y pequeño tamaño. Por otro lado, la técnica HRI+HRS usada en la nueva generación de telescopios terrestres con espejos primarios de entre 30 y 40m permitirá nuevos avances en la medición de atmósferas. Estos telescopios podrán resolver la luz del planeta de la luz de la estrella, o sea, podrán distinguir la luz que nos llega de una fuente y de la otra, tarea no sencilla dado que una de esas luces puede ser alrededor de diez millones de veces más brillante que la otra.

Los exoplanetas más cercanos y la detección de Gliese 411b

En este contexto, se están realizando esfuerzos considerables para detectar los planetas más cercanos al sistema solar, apuntando a que se conviertan en objetos para estudiar con la técnica HRI+HRS y la próxima generación de telescopios gigantes. Para lograr esto, la técnica de velocidades radiales es la más adecuada, porque las órbitas de los planetas no necesitan estar alineadas con la línea de la visual. Varios grupos buscan desde hace años planetas orbitando las estrellas más cercanas al Sol. Uno de ellos es el Consorcio SOPHIE, un conjunto de alrededor de treinta investigadores, principalmente de Francia y Suiza, del cual el autor es parte, y cuyo trabajo gira en

torno del espectrógrafo *SOPHIE*, instalado en el observatorio de Alta Provenza, en el sur de Francia. *SOPHIE* es uno de los mejores instrumentos del planeta para la realización de mediciones precisas de velocidad radial.

El trabajo de más de diez años de este equipo, sumado a la acumulación de datos por alrededor de siete años, permitió a los investigadores revelar una pequeña variación periódica en la velocidad radial de la estrella cercana Gliese 411. Un análisis minucioso de los datos y de las posibles fuentes de la variación detectada confirmó la existencia de un planeta, con una masa mínima de tres veces la masa de la Tierra, en una órbita de poco menos de trece días de período alrededor de dicha estrella. El anuncio del descubrimiento del planeta, llamado Gliese 411b, se hizo en febrero de 2019 en un artículo de *Astronomy & Astrophysics*, citado en las lecturas sugeridas.

La estrella Gliese 411 se encuentra a solo 8,3 años luz (alrededor de 10^{14}km) del Sol. Es la sexta estrella más cercana después del sistema triple de Alfa Centauri (Próxima Centauri y Alpha Cen A y B), la estrella de Barnard y CN Leonis. Es decir, se trata del cuarto sistema estelar más cercano. Esto hace de Gliese 411b el tercer planeta más cercano al sistema solar conocido hasta ahora (se conoce un planeta alrededor de la estrella más cercana al Sol, Próxima Centauri, y de la estrella de Barnard, anunciado en noviembre de 2018). Sabemos que la masa de Gliese 411b es de alrededor de tres veces la masa de la Tierra, que es típica de los planetas llamados súper-Tierras, y que su distancia orbital es un quinto de la distancia entre el Sol y Mercurio. Pero no sabemos nada sobre su tamaño, ya que no vemos al planeta transitar frente a su estrella. Sin embargo, podemos usar lo que conocemos de otros planetas para estimar el radio de Gliese 411b y calcular cuánta radiación recibe de su estrella, y por lo tanto cuál sería la temperatura del cuerpo. Si toda la radiación absorbida por el planeta fuera reemitida al espacio, su temperatura sería la temperatura de equilibrio, que está entre -18ºC y 76ºC. Sin embargo, si el planeta tuviese una atmósfera, no toda la radiación que absorbe seria reemitida. Por ejemplo, la atmósfera de la Tierra retiene parte de la energía que recibe el planeta, lo que la vuelve hospitalaria para la vida –el conocido efecto invernadero–. Cuando se consideran estos efectos y una atmósfera como la de la Tierra, se encuentra que la temperatura en la superficie de Gliese 411b sería demasiado alta para albergar agua líquida en su superficie. Si alguna vez hubo agua, se debería haber evaporado hace mucho tiempo. El planeta tal vez haya sufrido un efecto invernadero en cadena, como el que se cree que ocurrió en Venus y que da origen a sus elevadísimas temperaturas superficiales.

No se espera que Gliese 411b sea un lugar propicio para la vida. Pero podrá estudiarse su atmósfera y, de esta manera, sus capacidades de albergar vida de manera directa en el futuro cercano. La cercanía de la estrella a la Tierra hace que ella y su planeta abarquen alrededor de 31 milisegundos de arco en el cielo, equivalente al tamaño de una moneda de 2,5cm de diámetro a una distancia de alrededor de 170km. Si bien es chico, resulta suficiente para que los telescopios de nueva generación puedan resolver el sistema y separar la luz de la estrella de la del planeta. Gliese 411b será probablemente uno de los primeros objetos a ser estudiados con la técnica de HRI+HRS. En pocos años vamos a tener información, como mínimo, sobre su composición atmosférica y, tal vez, hasta podamos estudiar la posibilidad, por improbable que parezca, de vida en su superficie. CH

Agradezco el oído atento de Dolores Amat, que colaboró para mejorar la claridad del texto y hacerlo más atractivo.

LECTURAS SUGERIDAS

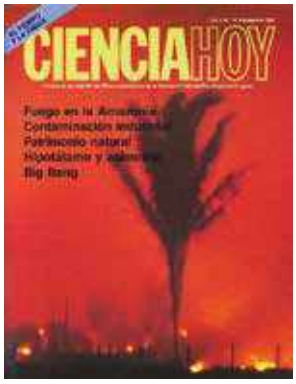
BEAUGÉ C y SCHULZ W, 2009, 'Planetas extrasolares y la búsqueda de otras tierras', CIENCIA HOY, 19, 110: 21-28.

DÍAZ RF *et al.*, 2019, 'The SOPHIE search for Northern Extrasolar Planets', *Astronomy & Astrophysics*, A625, A17; accesible en *https://www.aanda.org/articles/aa/abs/2019/05/aa35019-19/aa35019-19.html.*

SEAGER S (ed.), 2011, *Exoplanets,* University of Arizona Press, Tucson.

Rodrigo Fernando Díaz

Doctor en ciencias físicas,
Universidad de Buenos Aires.
Investigador adjunto en el IAFE,
UBA-Conicet.
rodrigo@iafe.uba.ar
@exorfd



Reproducción de un artículo aparecido hace 27 años en CIENCIA HOY (4, 19: 25-32, julio-agosto 1992), que no perdió actualidad.

Christopher Uhl
Pennsylvania State University
J Boone Kauffman
Oregon State University
Elson Dias da Silva
Unidad Estatal de Investigación Agropecuaria, Embrapa, Brasil

Los caminos del fuego en la Amazonia

Vivimos una era en la que el fuego es un importante factor de alteración en las regiones de selva o bosque tropical húmedo. Su utilización en la Amazonia está cambiando: si antes las quemas eran pocas y de baja intensidad, ahora lo que se observa es un régimen de alta frecuencia, que implica gravísimos riesgos. Sin embargo, aún se conoce poco sobre los materiales combustibles (restos vegetales) naturalmente presentes en los ecosistemas amazónicos. Tampoco existe información sobre las condiciones microclimáticas que influyen sobre el nivel de humedad de esos materiales y que determinan su potencial de ignición. Por eso es tan difícil, en caso de incendio, hacer una evaluación correcta de la resistencia de la cobertura vegetal y de las posibilidades de supervivencia de las especies amazónicas.

A fin de comprender las posibilidades de expansión del fuego, estudiamos cuatro tipos de cobertura vegetal en la Amazonia oriental: un sector de selva primaria (intacta), otro de selva explotada (en la que se efectua-

¿DE QUÉ SE TRATA?

La selva virgen, en los trópicos húmedos, raramente se incendia. Y, aun cuando esto ocurre, es casi imposible que el fuego se extienda por grandes superficies de tierra. El clima húmedo, con elevados índices de precipitaciones, genera condiciones sumamente desfavorables para los incendios. Sin embargo, la acción humana está transformando en forma radical este paisaje natural. Donde antes había selva virgen, hoy aparecen manchones en los que se mezclan sectores de selva sometida a la explotación de madera, pastizales y tierras abandonadas. Los cambios provocados por el uso de la tierra hacen que día a día la región amazónica quede más expuesta al fuego e, incluso, a que se produzca un gran incendio. Los patrones actuales de ocupación en la región oriental de la Amazonia son muy semejantes a los que antecedieron al enorme incendio que destruyó millares de kilómetros de selva húmeda en Kalimantán, Indonesia, entre 1982 y 1983.

ba extracción de madera), otro de selva secundaria (un pastizal abandonado hacía ocho años, reforestado en forma natural) y también un sector de pastizal actualmente en uso. En los cuatro tipos de cobertura vegetal se recogió información sobre tres ítems importantes. Primero medimos la cantidad, los tipos de material combustible (mantillo, hojarasca, ramas finas y gruesas) y su distribución en cada uno de los terrenos. Luego investigamos el microclima local, que afecta directamente el secado de ese combustible. Y, por fin, observamos las características de las cortezas de los árboles como factor de resistencia al fuego. Con dichas informaciones sería posible determinar la cantidad de material combustible disponible, su facilidad de secado natural y de quema, y el potencial de resistencia al fuego de las especies arbóreas de la selva amazónica.

Este estudio se realizó en un área de investigación que queda a siete kilómetros de la ciudad de Paragominas, en Pará (2°55' de latitud sur, 47°34' de longitud oeste), en la región oriental de la Amazonia. Allí se asocian los cuatro tipos de cobertura vegetal mencionados, que presentan características diversas. El sector de selva primaria tenía 30km^2 de superficie, con un área basal de 26m^2 por hectárea (ha), biomasa aérea de 250 toneladas (t) por hectárea, altura de 40m y una cobertura de dosel del 80% (lo que quiere decir que el 80% de la superficie estaba cubierta por vegetación de copa cerrada). En cambio, el área de 40 ha de selva explotada, donde la extracción de madera se realizaba mediante tractores oruga, tenía un área basal de 13m^2/ha y una cobertura de dosel de apenas el 43%. A su vez, el área de selva secundaria abarcaba 10ha, con área basal de 8m^2/ha y presentaba una cobertura de dosel del 75%. Finalmente, se estudiaron también 10ha de pastizal, cuya vegetación se componía de gramíneas y malezas con alturas de entre uno y dos metros.

Biomasa combustible en el suelo

En el lote de selva primaria, la biomasa de detritos combustibles era de 56t/ha, pero apenas 7% de ese total era de material combustible fino (rápidamente inflamable). A continuación se estableció un contraste impresionante: en la unidad de selva explotada, el material combustible llegaba a 179t/ha, una cantidad tres veces mayor que la detectada en la mata virgen, aunque, de ese total, la fracción compuesta por material combustible fino seguía siendo pequeña. Y cuando la misma recolección se realizó en la parcela de pastizal, el total de biomasa combustible encontrado no fue muy diferente del medido en los lotes de selva primaria y secundaria. En el pastizal, sin

Incendio en la Amazonia, 2019. Michael Dantas, WWF-Brazil.

embargo, aumentaba mucho la biomasa de combustibles finos: era de 11t/ha, dos veces mayor que en cualquiera de los restantes ecosistemas.

Además de la cantidad, debía tenerse en cuenta la disposición vertical del material combustible y establecer una clasificación de su distribución. En promedio, la altura de esa biomasa, tanto en la selva explotada como en el pastizal, variaba entre los 40 y los 50cm. Y, en ambos, una vez que la mayor proporción de detritos finos se asentaba sobre la superficie del suelo, aumentaban las condiciones pocos los incendios cuya intensidad amenaza incluso la copa de los árboles.

Aunque la vegetación propia de las áreas de pastizales tiene gran resistencia a la sequía, la mayor parte de su biomasa foliar cae al suelo en esa época. El resultado es la acumulación de una mezcla de residuos vegetales de elevado poder de combustión que hace que durante la estación seca los pastizales sean potencialmente inflamables después de un período de apenas 24 horas de producida una lluvia.

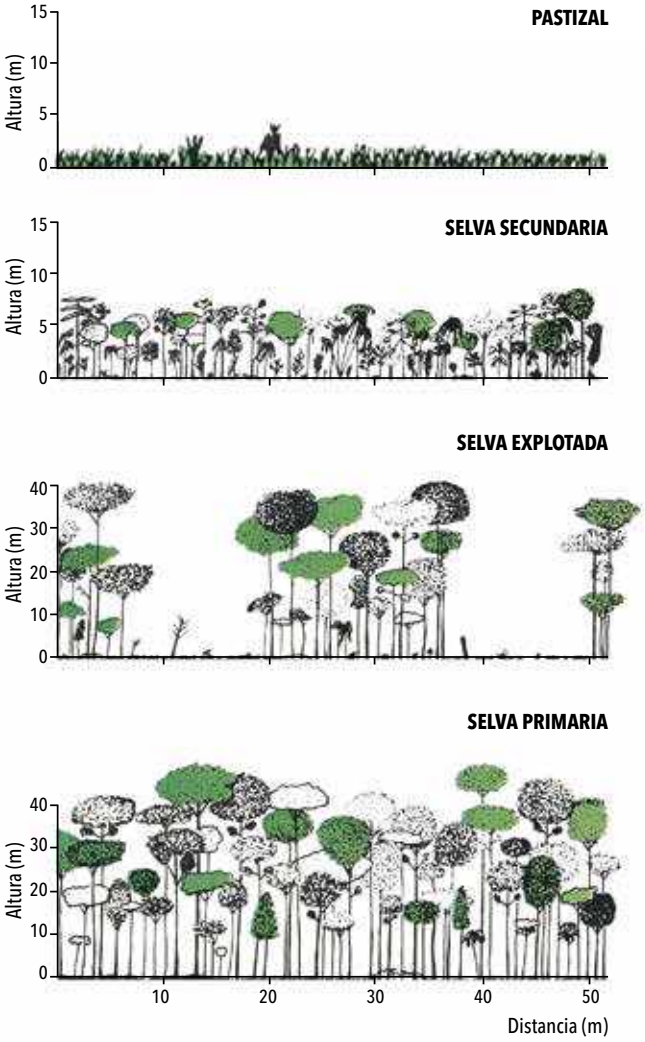
LAS COBERTURAS VEGETALES

Estos cuatro tipos de vegetación conforman una secuencia de alteraciones introducidas por el hombre: de la selva primaria (la selva intacta) a la selva explotada (por extracción de madera), de allí a los pastizales y luego a la selva secundaria (el sector de pastizal abandonado, donde se produjo un reforestamiento natural). En esta secuencia se halla representada una buena parte de la vegetación existente en la Amazonia. Los cuatro ecosistemas, a su vez, tampoco manifiestan propiedades similares vinculadas al fuego. Hay entre ellos diferencias importantes en cuanto a frecuencia de ignición, cantidad y características del material combustible, además de los contrastes de microclima que afectan directamente el secado de dicho material.

En los sectores de selva primaria, la cantidad de combustible (maleza y madera muerta) es suficiente para alimentar la expansión del fuego. Sin embargo, la selva primaria difícilmente se incendia. Esto es así porque una temperatura moderada y la humedad relativa alta no permiten que los combustibles se sequen hasta el punto de combustión.

Después de la extracción selectiva de madera, la selva explotada tiene una cantidad de biomasa combustible tres veces mayor que la selva primaria. Además, la cobertura de dosel, por lo general, se reduce a la mitad en las operaciones de explotación, provocando importantes alteraciones en el microclima. Durante la estación seca, bastan cinco o seis días para secar el material combustible hasta el punto de ignición. De este modo, las selvas que sufren la extracción de madera forman un ambiente más bien propicio para la expansión del fuego: con el corte de los árboles aumenta la cantidad de material combustible, el microclima se torna más seco y la acción humana multiplica las fuentes de ignición.

Cuando se producen incendios en los sectores de selva secundaria, los daños pueden ser enormes. En áreas de pastizales, algunos productores utilizan el fuego para controlar hierbas invasoras y favorecer las gramíneas, y después no pueden impedir que el fuego se extienda hacia selvas secundarias vecinas. La copa abierta de la selva que allí se reconstituye permite que hierbas y gramíneas subsistan junto a los nuevos árboles, aumentando la cantidad de material combustible acumulado en el suelo. En muchas de las especies de árboles originales, la caída de hojas durante períodos largos de lluvia es considerable. De este modo, en las áreas de selva secundaria, si se suma la cantidad de combustible a la existencia de una vegetación baja y abierta, resulta que no son



Tipos de coberturas vegetales considerados en la investigación en que se basó este artículo. Representan una buena parte de la vegetación existente en la región amazónica.

para que el material combustible se secara, con el consecuente riesgo de expansión del fuego. La altura del material combustible en las parcelas de selva primaria y secundaria variaba apenas entre 10 y 20cm, cerca de la mitad de la encontrada en las otras dos áreas. Debe destacarse que en los cuatro tipos de vegetación había material combustible en cantidad suficiente para que el fuego se difundiera. No obstante, aquellos en los que la altura era mayor (separación del suelo) así como la cantidad de combustibles finos, los lotes de pastizal y de selva explotada, serían los más susceptibles de sufrir un incendio. Pero, para medir rigurosamente dicha susceptibilidad faltaba aún estudiar una variable importante: el microclima.

La influencia del microclima

El hecho de que determinado tipo de vegetación posea gran cantidad de material combustible no significa necesariamente que el lugar en el que se encuentra tenga mayor propensión al fuego. El microclima puede impedir el proceso de secado de los materiales combustibles, que, de esa forma, no alcanzan el punto de ignición. Era preciso, entonces, conocer la influencia del microclima en cada una de las unidades de vegetación, en los terrenos seleccionados para la investigación.

El contenido de humedad del material combustible resulta de interacciones complejas entre las características de ese material y factores climáticos como, por ejemplo, el comportamiento pluviométrico de la región, los índices de temperatura, el déficit de presión de vapor de agua y las características del viento. En las cercanías de Paragominas, si bien la pluviosidad media está en torno a los 1800mm por año, las variaciones estacionales son grandes y pueden cambiar de año a año. En el período comprendido entre 1985 y 1987, el índice de lluvias varió entre 2800mm (en 1985) y 1600mm (en 1987). La mayor parte de las lluvias cae de febrero a mayo, mientras que el período más seco se extiende entre agosto y noviembre. En ese intervalo de tres años, se produjeron 31 períodos de tres o más días sin lluvias entre agosto y noviembre, y solamente siete entre febrero y mayo. En los meses lluviosos (de febrero a mayo), no hubo períodos mayores a seis días sin lluvias, lo que ocurrió en 17 ocasiones en los cuatro meses de sequía.

La pérdida de agua del material combustible se produce durante los períodos sin lluvia. El microclima ejerce un fuerte control sobre el secado de esos materiales, mientras que alteraciones en la selva determinan transformaciones significativas en el microclima. Durante la estación seca, por ejemplo, la media de humedad relativa a las 13 horas fue de 86% en la selva primaria y de apenas 51% en el pastizal. En los sectores de selva explotada y de selva secundaria, en el mismo horario y en la misma estación, la humedad (en promedio) estaba por debajo del 65%. En lo que se refiere a los índices de temperatura, se mantiene el mismo contraste: la media de temperatura máxima estaba en 38°C en el pastizal, pero en la selva primaria caía a 28°C. Los pastizales eran, por lo tanto, 10°C más calientes (figura 1).

También se daban patrones distintos en la fluctuación de los índices de temperatura y humedad relativa cerca del piso, para los cuatro tipos de cobertura vegetal. En todas las áreas investigadas, el aumento y el descenso de la temperatura se repetían con cierta regularidad diariamente. Las diferencias aumentaban al comienzo de la tarde (figura 2). En todos los casos, la humedad relativa presentaba una tendencia estacionaria, próxima a la saturación, hasta las diez de la mañana, decreciendo luego hasta un piso para recomenzar un ascenso gradual, al final de la tarde: Además de los índices de humedad, también diferían los valores relativos al déficit de presión de vapor (DPV), que es una forma adecuada de medir la capacidad de evaporación del aire. El DPV fue siete veces mayor en el pastizal y cuatro veces mayor en la selva explotada, como se observó en la figura 1.

Variable microclimática	Humedad relativa (%)	DPV (kPa)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)
Selva primaria	86	0,5	28	22
Selva secundaria	62	2,0	33	21
Selva explotada	64	2,3	37	22
Pastizal degradado	51	3,5	38	20

Figura 1. Media de humedad relativa al mediodía, déficit de presión de vapor (DPV) y temperaturas máxima y mínima durante 62 días seguidos, en el verano de 1987, en los cuatro tipos de vegetación estudiados en la región de Paragominas, Pará.

La propensión al fuego

Todas estas diferencias de microclima, de un tipo de cobertura vegetal a otro, pueden tener una fuerte influencia sobre la tasa de pérdida de agua en los materiales combustibles. El contenido de agua del material combustible fue determinado comparando diariamente los pesos de las muestras de hojarasca (mantillo) y otras de pedazos de madera fina, en cada una de las cuatro áreas. Durante el verano, la proporción de pérdida de agua en los materiales combustibles es considerablemente diferente entre los ecosistemas. El contenido de humedad de las astillas (muestras de madera fina), por ejemplo, en cada una de las áreas, pa-

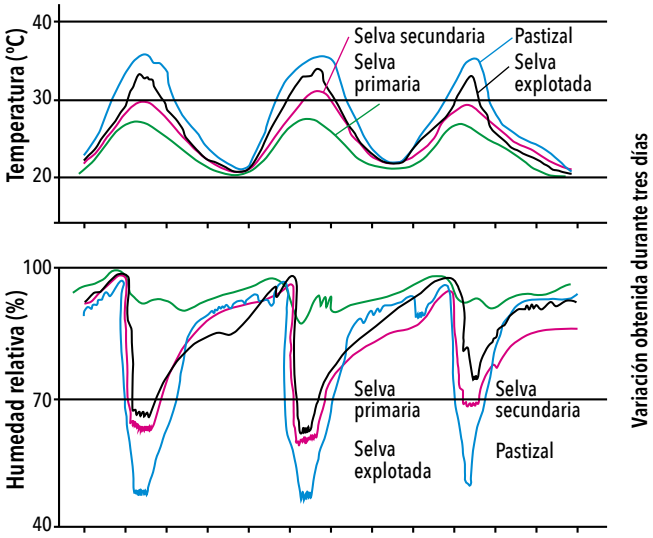


Figura 2. De la selva primaria hasta el pastizal degradado, la secuencia de coberturas vegetales sufre un sustancial aumento de los índices de temperatura media y una sensible reducción de la humedad relativa.

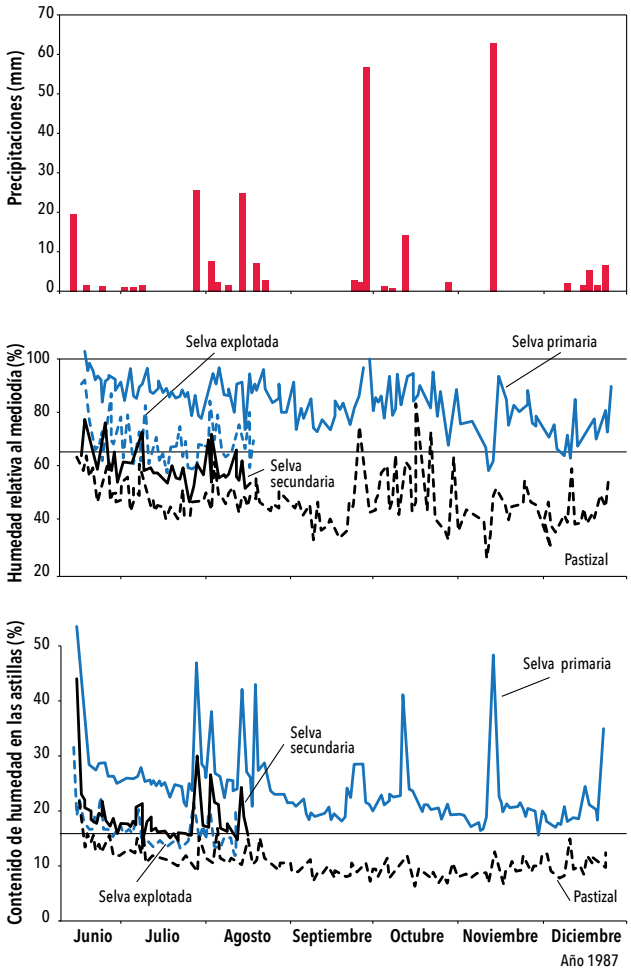


Figura 3. En las épocas sin lluvia, la baja humedad caracteriza los ecosistemas alterados. El contenido de humedad de los materiales combustibles se reduce hasta índices inferiores al 15%, lo que los vuelve sumamente inflamables.

recía estrechamente relacionado con el índice de humedad relativa del aire (figura 3). Por medio de ensayos de campo, determinamos que la humedad relativa del aire debe ser inferior al 65% para que los materiales combustibles se sequen hasta el punto de ignición, esto es, para que alcancen un contenido de humedad inferior al 15%.

Los datos demostraron que siempre que los materiales alcanzaban un contenido de agua superior al 20% se hacía imposible la ignición. En las pruebas de fuego simulado, cuando el contenido de humedad variaba entre el 15% y el 20%, el material combustible se consumía en una línea de fuego de baja intensidad, expandiéndose a menos de un metro antes de extinguirse naturalmente. Si la humedad se reducía aún más, permaneciendo en una franja entre el 10% y el 15%, el fuego se movía rápidamente y entonces era necesario extinguirlo en forma manual. Y cuando el contenido de agua de la biomasa combustible era inferior al 10%, se hacía muy alto el riesgo de un incendio de grandes proporciones, debido a la facilidad de propagación del fuego.

Al comparar el contenido de agua de los materiales combustibles, en los diferentes tipos de vegetación, durante la estación seca de 1987 (figura 3), los datos revelaron que variaba entre 6% y 9% en el pastizal, entre 9% y 13% en la selva explotada, entre 13% y 16% en la selva secundaria y, por fin, entre 16% y 20% en la selva primaria. Esos datos muestran una alta probabilidad de combustión sustentada y una rápida expansión del fuego en todos los tipos de vegetación, excepto en la selva primaria.

Estas informaciones experimentales sobre el potencial de fuego en Paragominas llevan a conclusiones importantes. La primera es que la vegetación de pastizales se revela mucho más propensa al fuego. Los sectores de selva explotada son también susceptibles de que se produzca: basta un período de seis días sin lluvias para que los materiales combustibles alcancen el punto de combustión. Por su parte, los sectores de selva secundaria alcanzan el punto de combustión después de diez días sin lluvia. Y, por fin, se concluye que la selva primaria se encuentra bien protegida del fuego, siendo muy improbables incendios sustentados de mantenerse las condiciones normales del clima de la región.

La resistencia de las especies arbóreas

Un aspecto final de la investigación se concentraba en torno a la resistencia de los árboles al fuego. Nótese que la parte viva del tallo de los árboles está compuesta por apenas un conjunto de células, llamado *cambium*, localizado justo debajo de la corteza. Por lo tanto, tanto, esto es lo único que se interpone entre el fuego y las células vivas del árbol. Un

estudio sobre las propiedades de las cortezas vegetales podría dar cuenta acerca de cuáles serían las especies más expuestas al fuego y cuáles las que sobrevivirían a su avance.

La hipótesis a comprobar era la de que las características de la corteza difieren tanto en función del tamaño (diámetro) del árbol como de la especie. Esas diferencias podrían ser fundamentales en la determinación de los vegetales capaces de sobrevivir al fuego, toda vez que la corteza actúa como aislante térmico. Para probar esta hipótesis se obtuvieron muestras de cortezas, a 50cm de altura, de todos los árboles con 20cm o más de DAP (diámetro a la altura del pecho), en un área de cinco ha (50m x 1000m). Y, en una subparcela de esa área, se reunieron muestras de corteza de todos los árboles con DAP entre 1 y 19,9cm.

Incendio en la Amazonia, 2019. Kaninde, WWF.

El grosor de la corteza de la mayor parte de los árboles con diámetro superior a 20cm era de entre 3mm y 20mm. Dicho grosor, sin embargo, fue menor de 3mm en ocho especies: *Dialium guianensis*, *Rinorea guianensis*, *Szygiopsis pachycarpa*, *Virola melinolii*, *Ecclinusa* sp, *Franchetella* sp, *Neea* sp y *Pouteria* sp. Y había también cinco especies que presentaban un grosor por encima de los 20mm: *Cecropia obtusa*, *Caryocar villosum*, *Laetia procera*, *Lecythis lurida* y *Eschweilera* sp. Considerando que la corteza aísla térmicamente el tejido cambial, estos dos grupos representan respectivamente los que tienen la menor y la mayor tolerancia al fuego dentro de las especies observadas.

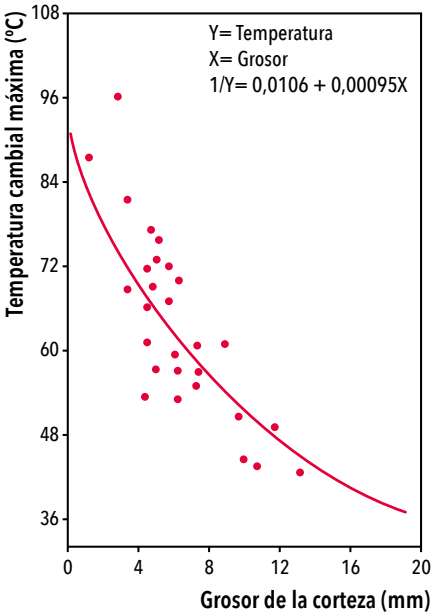


Figura 4. A partir del análisis estadístico de las experiencias con fuego, se descubrió que a mayor grosor de la corteza de los árboles, menor temperatura cambial.

A fin de relacionar el grosor de la corteza con la probabilidad de supervivencia en caso de incendio, medimos la temperatura del cambium durante quemazones experimentales. Se insertaron sondas térmicas 10cm dentro del espacio entre la corteza y el cambium, usando como punto de entrada el área de donde se había extraído una muestra de corteza. La fuente de combustible para esta prueba fue una cuerda de algodón con 1,5cm de diámetro, saturada con querosén y aceite, que fue colocada en el centro y 10cm abajo de las sondas. La temperatura externa de la corteza y la del cambium se anotaron antes y después de la ignición, hasta que la primera hubo retornado a temperatura ambiente. Esta técnica, fácil de repetir, produjo una quema de un minuto y medio y un aumento de calor comparado al de un incendio leve.

El límite de temperatura usualmente aceptado como fatal para los tejidos de las plantas es de 60°C. Hecho un análisis estadístico de la correlación entre el grosor de la corteza y la temperatura cambial máxima, se observó que a mayor grosor, menor temperatura cambial (figura 4). La variación de la temperatura máxima cambial se explica en un 71% por la variación del grosor de la corteza. De este modo, la ecuación resultante prevé que las temperaturas cambiales superiores a los 60°C se producen en todos los árboles con grosor de corteza menor a 6,4mm, considerando una baja intensidad de fuego, tal como la simulada en el experimento. En el *stand* estudiado, el 98% de los árboles con más de 1cm de DAP tienen cortezas cuyo grosor es de menos de 6,4mm y, por lo tanto, morirían si hubiese un incendio.

La historia de los incendios en la Amazonia

Actualmente, el clima en casi toda la Amazonia es muy húmedo para permitir un incendio natural en condiciones de selva cerrada. En el pasado remoto, el fuego tuvo participación en modificaciones importantes de la selva, como lo demuestran los pequeños pedazos de carbón enterrados en el suelo de la mata virgen que encontramos en la región de Paragominas. En un fragmen-

to superficial, la edad estimada del carbón era de 1700 años. Observaciones hechas en la Amazonia por investigadores de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embraga) y por el Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonia (INPA) confirmaron que el carbón es frecuente también en los suelos de las regiones central y oriental.

En el pasado, el fuego estaba probablemente asociado a los regímenes climáticos secos y a la mayor presencia de poblaciones humanas. Pero en los ecosistemas alterados por el hombre, el fuego se torna de uso rutinario. Las actividades vinculadas al establecimiento y la conservación de los pastizales lo involucran. Por lo tanto, hay en esas áreas una fuente constante de ignición. La alteración de la selva, cualquiera que sea el propósito, dispersa materiales combustibles por el suelo y aumenta considerablemente la cantidad de biomasa inflamable. Además, la cobertura vegetal alterada, por lo general, tiene sus hojas más próximas al suelo y sufre con mayor rigor los efectos de la luz del sol. La irradiación solar calienta el aire que envuelve el conjunto de material combustible circunvecino; esto hace que la demanda evaporativa se eleve (aumento de DPV) y que el material combustible se seque más rápidamente hasta el punto de ignición. En consecuencia, los incendios en ciertas regiones amazónicas son un peligro constante.

Existe actualmente una gran semejanza entre las actividades de explotación forestal de la Amazonia oriental y las que antecedieron al violento incendio que se produjo en el ecosistema de selva húmeda de Kalimantán oriental, en Indonesia, en 1982 y 1983. En ambas regiones, el índice de lluvias es de alrededor de 2000mm por año y el paisaje, una mezcla de selva primaria, selva explotada y selva secundaria, además de pastizales y áreas agrícolas; la explotación comercial de madera es una actividad reciente y no se encuentra sujeta a una reglamentación adecuada. Dicha explotación, tanto en Kalimantán como en la Amazonia, conduce a alteraciones bruscas en la estructura forestal. Se extraen de cuatro a diez árboles por hectárea, dañando entre el 25% y el 50% de la madera remanente. Y, por fin, en las dos regiones, se eleva el potencial de ignición, toda vez que el fuego es usado con regularidad. En Kalimantán, los colonos lo utilizan para limpiar sus sembradíos. En la Amazonia, colonos y productores promueven quemazones para limpiar la selva ya desbravada. Ante semejante panorama, basta que se tenga un año seco, de bajo índice de lluvias, para que se corra el riesgo de un incendio de proporciones alarmantes.

Entre 1982 y 1983, se quemaron 37.000km^2 de la selva de Kalimantán oriental. En una estimación aproximada, se perdieron 5,5 billones de dólares en madera, suma equivalente al presupuesto íntegro de 37 años de la provincia de Kalimantán. Esto sin considerar los daños

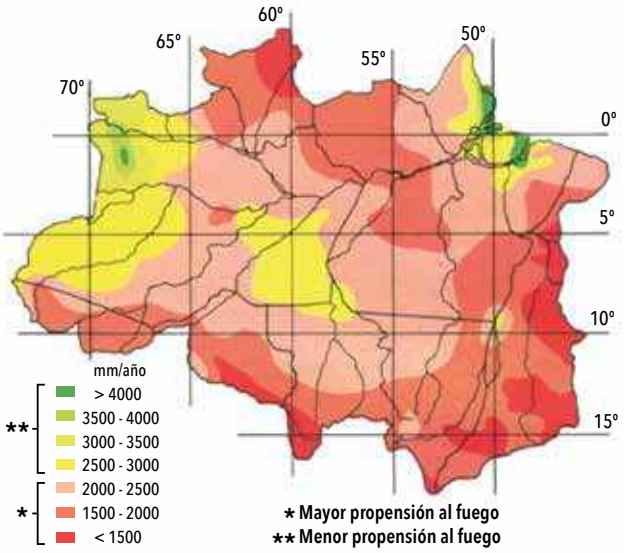


Figura 5. Distribución de las medias anuales de precipitación pluviométrica en la cuenca de la Amazonia brasileña. La ilustración muestra que la mayor parte de la Amazonia es susceptible de incendiarse.

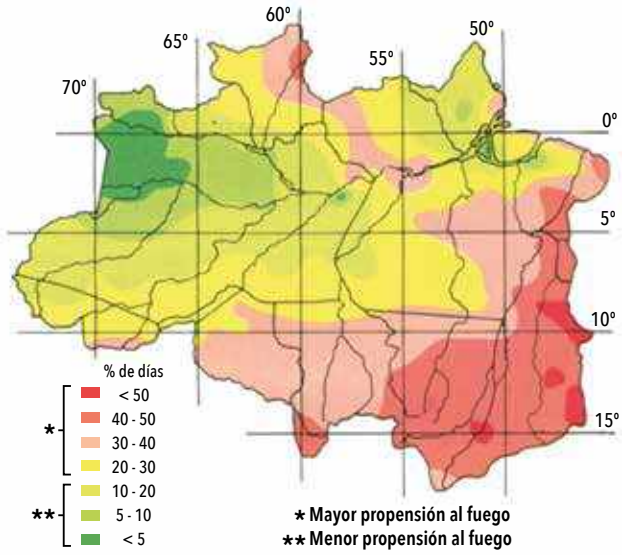


Figura 6. Porcentaje de días correspondientes a periodos de sequía mayores a los diez días consecutivos, en los cuales no se ha producido ninguna precipitación superior a los 2mm/día.

ecológicos, que alterarán drásticamente las relaciones entre las plantas y los animales en la región, con pérdidas sustanciales de nutrientes y fuerte impacto en la productividad del ecosistema.

Informaciones sobre la cantidad absoluta de lluvia anual son útiles para distinguir qué áreas de la Amazonia se encuentran propensas al fuego. La figura 5 muestra que los índices de precipitación anual varían entre tasas inferiores a 1500mm hasta tasas superiores a los 4000mm. Si se examina el mapa, que contiene datos recogidos en 200 estaciones meteorológicas, se hace evi-

Incendio en la Amazonia, 2019. Kaninde, WWF.

dente que casi el 50% de la Amazonia brasileña recibe menos de 2000mm de lluvia por año.

Entretanto, para evaluar mejor los riesgos de incendio en una región determinada, es necesario también tener en cuenta la distribución de las lluvias durante el año. Los datos revelan que ya existen condiciones para que se produzcan incendios de grandes proporciones en las regiones este y sur de la Amazonia Legal, como puede verse en la figura 6. En esas áreas de riesgo, además de una acción perjudicial de deforestación por parte de productores, madereros y colonos, existen condiciones climatológicas que favorecen el fuego, sobre todo la de una estación seca prolongada. Un análisis de los índices de precipitación, en los primeros siete años de la década de 1980, con datos recogidos en 90 estaciones meteorológicas de la Amazonia, permite comprobar que incluso las áreas más húmedas, durante los períodos menos lluviosos, presentaban un mínimo de 12 días sin lluvia. Y la sequía parece ser más intensa donde la presión del desarrollo económico es mayor. Por ejemplo, la duración máxima de la sequía en la estación climatológica de Rondonia fue para 1983, en promedio, de 88 días, de 50 días en el este de Pará, y de 41 días en el Acre. Trabajos de investigadores del Instituto de Investigaciones Espaciales (INPE) muestran que, en el verano, la presencia del fuego y de densas nubes de humo ya se hizo habitual en toda la región meridional de la Amazonia.

El uso del fuego es un poderoso agente de transformación de la selva. Si no se lo controla, los incendios tenderán a aumentar sus proporciones, volviéndose muy peligrosos. El gran problema es que la aplicación indiscriminada de quemazones forma parte de toda una concepción inadecuada de desarrollo que aún se mantiene en expansión en el valle amazónico. De no tomarse los recaudos correspondientes, a saber, la implementación de un control rígido y de una legislación adecuada, el régimen de incendios puede cambiar irreversiblemente las características básicas de la Amazonia. CH

Traducción Gabriela Tenner. Revisión Eduardo H Rapoport (Universidad Nacional del Comahue). Ciencia Hoy agradece la lectura y las sugerencias de Jorge Adámoli (FCEYN, UBA).

LECTURAS SUGERIDAS

CLARK K & UHL C, 1987, 'Farming, fishing and fire in the history of the upper rio Negro region of Venezuela', *Human Ecology*, N° 15: 1-26.

HARE RC, 1965, 'Contribution of bark to fire resistance of southern trees', *Journal of Forestry*, N° 63: 248-251.

PEREIRA DA COSTA M & **SETZER AW**, 1986, 'Detecçao de queimadas e plumas de fumaça na Amazônia através de imagens de satélites NOAA', documento publicado bajo el número Inpe-3924-PRE/956, São José dos Campos, Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE).

WRIGHT HA & **BAILEY AW**, 1982, *Fire Ecology: United States and Southern Canada*, John Wiley & Sons, Nueva York.

Christopher F Uhl

Doctor en biología (PhD), Michigan State University. Profesor, Pennsylvania State University.

J Boone Kauffman

Doctor en ecología forestal (PhD), Universidad de California. Profesor, Oregon State University.

Elson Dias da Silva

Investigador del Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento del Brasil y de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

¿Cómo acercarte a la ciencia en tres pasos?

1visitá

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

2sumate

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

3seguinos

por Twitter a través de @nex_ciencia

nexciencia.exactas.uba.ar

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

Arriba aparece una abeja de la especie *Apis mellifera* sobre una flor de colza (*Brassica napus*). Las obreras de esa especie –como la que se muestra– suelen medir entre 13 y 15mm de largo. Abajo se muestra un ejemplar de *Melipona lupitae*, una de las aproximadamente 400 especies americanas de meliponas que vive principalmente en México y Centroamérica, cuyas obreras –como la que se presenta– suelen medir entre 8,2 y 8,5mm de largo.

Favio G Vossler
Centro de Investigación Científica y de Transferencia
Tecnológica a la Producción (CICYTTP)

Meliponas, abejas melíferas sin aguijón

Meliponas o abejas sin aguijón

En el mundo existen más de veinte mil especies de abejas. Forman un grupo de insectos voladores de tamaño variable –entre unos 2mm y unos 4cm de largo–, cercanamente emparentado con las avispas y las hormigas, que los entomólogos denominaron *Apiformes*. Considerando su *filogenia*, es decir, el origen y la evolución de la especie, se habla de las *Anthophila*. Hoy viven en cuanto lugar existan plantas con flores, proveedoras de polen, aceites y néctar a insectos polinizadores, es decir, en todos los continentes menos la Antártida. Se las clasifica en siete familias, a saber: *Melittidae*, *Andrenidae*, *Colletidae*, *Stenotritidae*, *Halictidae*, *Apidae* y *Megachilidae*.

Las abejas más conocidas son las que proporcionan la miel de consumo generalizado, llamadas europeas, domésticas o melíferas (*Apis mellifera*). Son parte de uno de los muchos grupos de la familia de las ápidas, la cual abarca unas 5700 especies diferentes. Otro grupo de ápidas recibe el nombre de meliponas, el que se aplica a unos 32 géneros (uno de estos es *Melipona*), con más de 500 especies. Más de 400 de esas especies viven en

¿DE QUÉ SE TRATA?

Abejas muy poco conocidas en la Argentina que producen miel a la cual se atribuyen propiedades medicinales y tiene sabor muy distinto de la miel común, además de costar entre 30 y 60 veces el precio de esta.

el continente americano; las restantes, en Asia, África y Oceanía. Se las encuentra principalmente en los climas cálidos de trópicos y subtrópicos del hemisferio sur; pocas habitan climas templados.

Como las abejas melíferas, las meliponas producen miel, cera (llamada cerumen) y propóleo, y almacenan polen. Igual que las primeras, son insectos sociales en cuyas colonias encontramos reinas, obreras y zánganos. Pero son por lo común mucho más pequeñas y carecen de aguijón (en realidad lo poseen atrofiado), por lo cual resultan aptas para ser criadas en ámbitos, como hogares y escuelas, donde la abeja melífera sería riesgosa. Más allá de variaciones debidas al procesamiento o a las flores visitadas por las abejas, el sabor de su miel es distinto del acostumbrado, por lo que nos puede resultar extraño.

Muchas meliponas tienen formas que recuerdan a pequeñas avispas o moscas. Hay especies con olor a limón o a extraños perfumes; existen de color negro, amarillo, anaranjado, marrón, con o sin rayitas en el abdomen y, por lo general, con pocos pelos en el cuerpo, excepto las del género *Melipona* en América y algunas del *Meliponula* en África, cuyo tórax es bien peludo.

En la Argentina habitan más de 35 especies nativas de meliponas, pertenecientes a 18 géneros: *Plebeia* (más de 7 especies), *Melipona* (7 especies), *Lestrimelitta* (4), *Scaptotrigona* (3), *Tetragonisca* (1), *Trigona* (1), *Geotrigona* (1), *Cephalotrigona* (1), *Oxytrigona* (1), *Frieseomelitta* (1), *Tetragona* (1), *Leurotrigona* (1), *Mourella* (1), *Nannotrigona* (1), *Paratrigona* (1), *Partamona* (1), *Trigonisca* (1) y *Schwarziana* (1).

Muchas de sus especies son conocidas en los bosques del norte del país, donde son llamadas por uno o más nombres locales. Por ejemplo, la especie *Geotrigona argentina* se conoce como alpamisque, alpamisqui o alpaco en el chaco seco y como tapezuá en el chaco húmedo y en Misiones. La miel de estas abejas y otros productos de la colmena fueron y siguen siendo muy aprovechados por los lugareños.

La mayoría instala sus colmenas en huecos de los árboles, por lo que suele hablarse de miel de monte o miel de palo. Pero hay especies que las alojan bajo tierra, en

Arriba. Tubo de cerumen que forma la entrada de 1cm de diámetro a una colmena silvestre de yateí o rubiecita (*Tetragonisca angustula*) en un árbol de mistol (*Ziziphus mistol*) en los bosques del chaco. Las abejas en la entrada son obreras guardianas. La colonia vive protegida dentro del tronco.
Centro. Una alpamisqui (*Geotrigona argentina*) en la entrada de 7mm de diámetro a una colmena subterránea en el chaco seco. La especie es negra y tiene un extraño aroma dulce, que es también el sabor de su apreciada miel.
Abajo. Entrada de 2cm de diámetro mayor a una colmena de yana, negrita o peluquera (*Scaptotrigona jujuyensis*). Quienes se acercan a sus colmenas para sacar miel suelen verse atacados por estas abejas, que se les prenden al cabello (de ahí uno de sus nombres vulgares), se posan y muerden suavemente en párpados y cuello, y se introducen en los oídos. Liberan un olor dulzón, parecido al del coco, extraño y a veces algo picante.

antiguos hormigueros. Y también las hay con nidos al aire libre, entre las ramas o en huecos o irregularidades de construcciones humanas, e incluso existen especies que se adaptaron a vivir en ciudades. Sin embargo, su cría en cajones no era un hecho común hasta los últimos años, cuando comenzó el interés por criarles debido principalmente a las posibilidades de su explotación económica.

Explotación de la miel de meliponas

La miel de meliponas es bastante diferente de la producida por la abeja melífera. Es muy líquida y se fermenta rápido, por lo que hay que conservarla en la heladera; posee mayor acidez y su sabor es variable según la especie: las hay poco apetecibles, pero otras son suaves y dulces, como la de la abeja yateí o rubiecita (*Tetragonisca angustula*). Esta especie suele producir entre 350g y 500g de miel por colmena y por año; otras producen aún menos y alguna especie mucho más (7 litros anuales). La baja productividad de las colmenas, unida a la dificultad de la conservación del producto, llevó a que en la Argentina no existiera mayor interés por criar meliponas para comercializar su miel. Tampoco estaba muy difundido en la población el concepto de que dicha miel tuviera propiedades medicinales, como lo está, por ejemplo, en México y Centroamérica, donde la yateí, que es común y recibe los nombres de señorita, angelita o doncellita, resulta apreciada porque la medicina popular atribuye esas cualidades a su miel.

En el Brasil, en cambio, la cría y venta de miel comestible y medicinal de meliponas de varias especies se practica desde hace años, con precios al consumidor que oscilan entre 6 y 70 dólares por kilogramo. En mayo de este año se hizo pública la inclusión de esta miel en el Código Alimentario Argentino, algo que despertó el interés de los apicultores e, incluso, de personas ajenas a

Una moro moro o morocho (*Melipona orbignyi*) recolectando polen de flores de *Solanum aridum*, una especie silvestre chaqueña de la familia del tomate, la papa y la berenjena. La abeja, que mide unos 8mm de largo, lleva en su tercer par de patas un bulto color crema formado por polen que viene de recojer de las anteras de la flor, y que llevará a la colmena para depostar en potes de cerumen.

Miel en potes de cerumen de unos 2cm en una colmena de yanas (*Scaptotrigona jujuyensis*).

esa actividad, y condujo a que, en estos momentos, la cría de esas abejas –que se puede denominar *meliponicultura*– haya comenzado a tomar cierto impulso. A la fecha existen criadores con diez a quince colonias de meliponas, y no falta quien posea un centenar. Las tienen en espacios relativamente reducidos, como jardines de hogares o pequeñas chacras rurales, y las pueblan mediante trampas o por el trasiego de nidos encontrados en troncos del monte o de aserraderos.

La miel de yateí se comercializa en el mercado interno a un alto precio al consumidor: en julio de 2019 valía entre 30 y 60 veces el precio de la miel de abeja melífera, es decir, entre 50 y 100 dólares por kilogramo contra 1,6 dólares que costaba la última. En la Argentina no existe mercado de exportación y la demanda interna absorbe enteramente la escasa producción.

La difusión de la cría de meliponas ha comenzado a ocasionar un traslado de especies de su ámbito nativo a ambientes en los que no vivían o lo hacían en pequeños números. Esos traslados tienen facetas negativas. Así, llevar colmenas de abejas nativas del norte cálido del país, donde son abundantes, al centro templado, donde son menos numerosas, expone a las abejas tropicales a contraer enfermedades e incluso a morir por el frío. Además, al trasladar colmenas también se transportan microorganismos que pueden infectar a abejas nativas de la zona de destino, que carecen de mecanismos de defensa por no existir o ser comunes en dicha zona.

Otro problema generado por el traslado de colmenas es que las abejas desplazadas no encuentren suficiente polen y néctar para alimentarse, particularmente si las llevan a un medio urbano. Las abejas necesitan flores con las que nutrirse y aprovisionar sus colonias, pues gracias a ese alimento acumulado logran atravesar períodos con floraciones escasas o inexistentes. Se intenta a veces alimentarlas en esos períodos en forma artificial con polen

Tronco de un itín (*Prosopis kuntzei*), árbol de la región chaqueña cercanamente emparentado con el algarrobo. El ejemplar fue parcialmente abierto a hachazos para recolectar miel de meliponas que anidan en troncos, llamada por eso miel de palo.

Entrada de unos 45mm de diámetro a un nido de *Plebeia catamarcensis* en el muro de una casa de Juan José Castelli, localidad del centro de la provincia del Chaco, a 274km de Resistencia. Las meliponas de esta especie forman colonias pequeñas, por lo que pueden nidificar en pequeños huecos de ramas y paredes, y se adaptan bien a la vida en ciudades.

Meliponicultura. Colonia de yanas (*Scaptotrigona jujuyensis*) instalada en un cajón construido por Fabián Gay en el patio de su casa en El Sauzalito, localidad del noroeste del Chaco a 550km de Resistencia.

Meliponicultura. Cría de yanas en cajones en el patio de una vivienda en El Sauzalito.

y miel, pero muchas veces tal acción les transmite enfermedades de otras colmenas.

El caso de la ciudad de Crespo

Hace algunos años se advirtió la existencia de numerosos ejemplares de yateí en Crespo, una ciudad entrerriana de aproximadamente veinte mil habitantes situada a unos 40km de Paraná. Ante su presencia, algunos vecinos, que no intentaron identificar a los insectos, creyeron que eran dañinos y comenzaron a fumigarlos. Pero un poblador llamado Adrián Wittmann, investigando por internet, logró descubrir de qué especie se trataba y decidió promover su protección. Difundió también su conocimiento, con el propósito de que quienes descubriesen nidos en sus patios o jardines no mataran a los insectos, los cuales posiblemente habrían llegado traídos por accidente o en forma deliberada de los bosques de la región chaqueña o de Misiones, y proliferaron en Entre Ríos.

Esa proliferación en una ciudad de clima más templado que el hábitat natural de dichas meliponas y con un ambiente natural ajeno a la distribución original de ellas hace pensar en que su permanencia y multiplicación se debieron a que encontraron flores para alimentarse en jardines, plazas y veredas, y sitios para nidificar, por ejemplo, huecos en árboles, postes o edificaciones. También favoreció su afincamiento en Crespo el hecho de tratarse de una especie cuyas colmenas son pequeñas, por lo que necesitan menos polen y néctar, y sitios más pequeños para hacer sus nidos, que especies como las del género *Scaptotrigona*, cuyas colmenas son más grandes La ciudad también puede haberles ofrecido un microclima más benéfico para su establecimiento que el campo circundante. El mencionado Wittmann encontró por lo menos cinco colonias de yateís asilvestradas en plena ciudad, incluso nidificando en árboles en la plaza principal, y el autor de esta nota las viene avistando allí desde 2014 en flores de plantas ornamentales.

La efectiva instalación de meliponas en ambientes urbanos, tanto en ciudades ajenas a su área de distribución natural como en las ubicadas en esta, puede ser reforzada mediante la forestación con especies que les proveen polen y néctar para su alimentación. En el norte del país, donde estas abejas habitan naturalmente bosques nativos que hoy están muy degradados, la reforestación con especies autóctonas es una buena práctica que puede ser llevada a cabo por los pobladores locales. CH

LECTURAS SUGERIDAS

CORTOPASSI LAURINO M, 2005, 'A abelha jataí: uma espécie bandeira?', *Mensagem Doce*, 80: 34-38. Accesible en *https://www.apacame.org.br/mensagemdoce/ 80/meliponicultura.htm*.

NOGUEIRA-NETO P, 1997, 'Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão', Nogueirapis, São Paulo.

TELLERÍA MC y VOSSLER FG, 2007, 'Tras las huellas de las abejas polinizadoras', Ciencia Hoy, 17, 100: 14-20.

VIT P, MEDINA M y ENRÍQUEZ ME, 2004, 'Quality standards for medicinal uses of Meliponinae honey in Guatemala, Mexico and Venezuela', *Bee World*, 85: 2-5.

Favio G Vossler

Doctor en ciencias naturales, UNLP.
Investigador asistente del Conicet
en el CICYTTP, Diamante, Entre Ríos.
favossler@yahoo.com.ar

El CICYTTP es el resultado de una colaboración institucional del Conicet, la Universidad Autónoma de Entre Ríos y el gobierno de esa provincia.

Diego Blettler, Guillermina Fagúndez y Daniela Chemez
Centro de Investigación Científica y de Transferencia Tecnológica a la Producción (CICYTTP), Diamante, Entre Ríos

Abejas y cultivos de soja

La soja en la Argentina

Aunque hoy parezca parte indisociable de los ambientes pampeanos y muchos chaqueños de la Argentina, el cultivo de soja es relativamente reciente en el país y en Sudamérica. La planta (*Glycine max*) es originaria del Extremo Oriente y comenzó tímidamente a formar parte del medio rural local durante los primeros años de la década de 1970. Veinte años después se había transformado en el cultivo dominante de la agricultura extensiva argentina y convertido a esta en el tercer productor mundial de la leguminosa, después de los Estados Unidos y Brasil. De los tres países proviene hoy alrededor del 80% de la soja mundial.

En la Argentina, ello sucedió por una combinación de circunstancias que dio a la soja ventajas sobre los cultivos tradicionalmente sembrados en la llanura pampeana. La primera fue la adopción de la innovadora técnica de la siembra directa a partir de la década de 1980 y la casi simultánea fabricación local de las primeras máquinas sembradoras adaptadas para ese fin. Estos equipos permitían sembrar sin labrar el suelo después de haber cosechado, por ejemplo, trigo –en la jerga agrícola se habla de soja de segunda–, lo cual no solo reduce el costo y elimina algunos inconvenientes causados por la roturación con arado, sino, fundamentalmente, permite la implantación de dos cultivos por año en un mismo lote, con el consiguiente aumento de la productividad de la tierra. Esta posibilidad, sin embargo, no hubiese sido ampliamente aprovechada sin otro par de revolucionarias innovaciones.

Hacia mediados de la década de 1990 se aprobó en la Argentina el cultivo de soja transgénica a la que se había dotado de resistencia al herbicida glifosato, ya en uso en el país. La combinación de ambas innovaciones ocasionó polémicas de toda clase, ampliamente discutidas en la literatura y difundidas por los medios, pero tiene innegables ventajas agronómicas y económicas, las que se evidencian durante todo el ciclo del cultivo.

¿DE QUÉ SE TRATA?

Las abejas son beneficiosas para los cultivos de soja, pero otros insectos –chinches, orugas fitófagas y otros– son dañinos. ¿Cómo perseguir a estos y proteger a aquellas?

Vainas de las semillas o granos verdes de soja. Como en otras leguminosas, las vainas contienen a las semillas en hilera. En el habla rioplatense, se dice que las *chauchas* contienen los *porotos* del cultivo. Foto H Zell, Wikimedia Commons.

Además, durante esos mismos años se produjeron mejoras que bajaron los costos de transporte del grano de la chacra al mercado, en particular a puertos de embarque, lo mismo que en la operación de estos, y a lo largo de la década de 2000 el precio internacional de la soja creció sostenidamente, si bien con fuertes oscilaciones, con picos que hasta lo cuadruplicaron. Aun en estos momentos, después de haber venido descendiendo desde 2012, duplica los valores de comienzos de la década precedente. La repercusión de esos precios en el mercado interno requiere tener en cuenta el tipo de cambio y el nivel de los impuestos a las exportaciones (llamados retenciones), pero de todos modos fue en promedio lo suficientemente favorable como para sellar definitivamente la hegemonía del cultivo en la agricultura extensiva del país.

Aunque con matices diferentes en cada uno, el exponencial incremento de la superficie agrícola destinada al cultivo de soja se produjo en otros países sudamericanos, en particular el Brasil. En la Argentina engrosó la recaudación del Estado nacional y modificó positivamente la economía de muchos pequeños y medianos poblados de las provincias agrícolas. También creó tensiones políticas debidas a la puja por la apropiación de los beneficios, las cuales persisten en la actualidad.

Vainas y semillas de soja en proceso de maduración. USDA

Como podía esperarse, un cambio tan marcado de las prácticas agrícolas produjo una alteración mayor de los agroecosistemas. Según el último informe del organismo internacional Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), del que la Argentina es parte, la biodiversidad está sufriendo actualmente un continuado declive en todas las regiones del mundo, lo cual afecta la capacidad de la naturaleza de contribuir al bienestar de la población. Dicha entidad señala a la agricultura como la causa principal de esta inquietante tendencia mundial.

Entre las posibles consecuencias ambientales negativas de la agricultura se cuentan la contaminación de suelos y napas como resultado del uso de pesticidas y fertilizantes en proporciones elevadas y por tiempos prolongados, el deterioro de la fertilidad del suelo por repetición ininterrumpida del mismo cultivo, el empobrecimiento de la biodiversidad silvestre, el ingreso de organismos exóticos en los ecosistemas, etcétera. Sobre estas consecuencias, así como sobre diversos conflictos sociales que se pueden suscitar por la tenencia y el uso de la tierra, existe abundante literatura. Esta nota se refiere a una de las consecuencias ambientales: la pérdida de polinizadores biológicos de los cultivos, cuya presencia natural se daba en el pasado por sentada.

Polinización de los cultivos

Los principales agentes polinizadores biológicos de las plantas son los insectos, y de estos, en particular, las abejas. El más frecuente polinizador no biológico es el viento. Las poblaciones de los primeros acusan en muchos lugares inequívocos signos de deterioro, el cual afecta tanto a ecosistemas silvestres como a agroecosistemas. En estos hasta puede generarse un círculo vicioso del tipo: más agricultura conduce a menos polinizadores, lo cual produce menor rendimiento de los cultivos y lleva al aumento de la superficie agrícola para compensar el déficit, que ocasiona mayor pérdida de polinizadores.

¿Por qué más agricultura conduce a menos polinizadores? Porque ellos, por imprescindibles que sean, al punto de que su ausencia hace imposibles muchos cultivos, a diferencia de, por ejemplo, las semillas o los fertilizantes, no son provistos por el agricultor sino por el medio natural o el ecosistema. Debido a esto, se los considera un *servicio del ecosistema* o *servicio ecosistémico*. Los insectos que brindan

ese servicio son parte de ecosistemas silvestres cuya extensión, diversidad y existencia misma se ven afectadas por el avance de la agricultura. Así, en la región pampeana, esas especies silvestres polinizadoras, junto con todas las demás que forman los ecosistemas silvestres –sean vegetales, animales, hongos o bacterias– se han visto constreñidas a espacios no cultivados, como bordes de caminos y alambrados, bañados, serranías pedregosas y otros.

Lo anterior ocurre a la vista de todos, pero es percibido por pocos, por lo cual existe escasa conciencia de que hace falta tomar medidas para su morigeración, si bien es posible que esa percepción esté creciendo. Puede ser un caso más de no ver el bosque por fijar la atención en los árboles. En otras palabras, para quienes toman decisiones en materia agrícola, e incluso para muchos que estudian los fenómenos agropecuarios, se suele tratar de una cuestión que no entra en su campo visual, por lo menos hasta que se encuentran ante efectos de una magnitud que los hace visibles.

En la literatura científica, los primeros registros de interacción entre soja y abejas en la Argentina datan de fines de la década de 2000, cuando ya era común encontrar en negocios especializados de mieles de abejas domésticas *Apis mellifera* que habían obtenido polen y néctar y, en consecuencia, polinizado principalmente sembrados de soja.

Mucho más tardíamente la comunidad agronómica local comenzó a sospechar, con el apuntalamiento de literatura científica regional, que existiría necesidad de actuar, no solo para preservar la polinización de plantas silvestres sino, fundamentalmente, para sostén de los cultivos. En el caso particular de la soja, si bien se autopoliniza, es decir, es una especie mayormente *autógama*, parece efectivamente beneficiarse de la polinización por insectos, algo sugerido hace años en otras latitudes y más recientemente comprobado por investigadores locales, entre ellos, los autores de esta nota.

Nuestros estudios, realizados sobre sembrados experimentales que reproducen las condiciones reales de los campos sojeros argentinos, han demostrado que el cultivo incrementa su rendimiento si es asiduamente visitado por insectos polinizadores durante su floración, y que ese incremento es máximo cuando las condiciones ambientales y de suelo son las ideales para la soja.

Estos y otros estudios, como los realizados también en Entre Ríos y conducidos por una de las autoras (Fagúndez), han igualmente constatado lo recíproco: que los sembrados de soja son beneficiosos para la apicultura, pues las abejas melíferas aprovechan el polen y el néctar de sus pequeñas flores violáceas o blancas. También se ha comprobado, tanto en la Argentina como en otras regiones del mundo, el efecto positivo de la polinización por insectos en los rendimientos de las cosechas de granos de soja: en distintos estudios el mayor rendimiento ha sido estimado en valores de entre el 15% y hasta el 40%. Estos hechos, sin embargo, no se han difundido en el medio agrícola, cosa que sería beneficioso que se hiciera.

Por otro lado, promover la presencia de insectos polinizadores en los cultivos de soja encuentra obstáculos, ya que no todos los insectos son beneficiosos para las plantas y los agricultores están en alerta para detectar a tiempo la aparición de diversos insectos que las dañan, como chinches, orugas fitófagas, insectos del suelo y tantos más. A

Campos sembrados.

menudo defienden sus sembrados utilizando insecticidas, los que afectan tanto a fitófagos como a polinizadores. En otras palabras, se está ante la necesidad de encontrar métodos que permitan evitar la presencia de unos insectos y fomentar la de otros.

Para alcanzar este ambicioso objetivo es necesario conocer cuáles insectos –nativos o naturalizados– podrían oficiar de polinizadores del cultivo si las condiciones lo permitieran. Los progresos realizados para responder a esta pregunta destacan a los himenópteros, especialmente a las abejas melíferas, como los principales polinizadores potenciales de la soja. Por ello, es importante conocer el comportamiento de forrajeo de las abejas sobre el cultivo. ¿En qué horarios lo visitan? ¿Cuántas abejas pecorean las flores de soja, es decir, recogen néctar de ellas? ¿Recogen también polen? Saberlo ayudaría a programar mejor la aplicación de insecticidas. Los estudios realizados por los autores indican que la máxima actividad de forrajeo tiene lugar en horarios cercanos al mediodía; que extraen de las flores de soja tanto néctar como polen; y lo hacen durante todo el período de floración, con máxima presencia a los diez días de iniciada esta.

Dado que entre los insecticidas muy pocos son selectivos de los insectos polinizadores, es necesario buscar el punto óptimo de su aplicación, que es el punto de mejor rendimiento económico de la cosecha, pues a mayor fumigación se infligirá mayor daño a la población de insectos y, en consecuencia, se tendrá plantas más saludables, pero menos polinización; contrariamente, con menor fumigación, algo bueno para la polinización por la presencia de más insectos, se producirá más daño en las plantas por la actividad de los fitófagos. Ello lleva a definir, en un análisis de costos e ingresos, los umbrales aceptables de daño económico, coincidentes con dicha aplicación óptima. También en esto se han realizado promisorios avances, aunque falta aún mucho camino por recorrer en materia de difusión de esos conceptos en la comunidad de agricultores.

Otro recurso con el que sería muy bueno contar es agentes repelentes de los insectos polinizadores, para ahuyentarlos antes de pulverizar insecticida sobre los cultivos. El efecto repelente de abejas de los compuestos agroquímicos de uso más frecuente no ha sido evaluado en las condiciones productivas reales de la agricultura pampeana, pero contamos con algunos datos sobre la cuestión. En un artículo que publicamos en 2016 en la revista de la UADER *Scientia Interfluvius* (7, 2: 14-28) indicamos que los insecticidas más utilizados durante la floración de la soja ejercen escasa o nula repelencia de la abeja melífera y de

Izquierda. Insectos polinizadores sobre plantas de soja en flor.
Arriba. Colmenas en el borde de un sembrado.

otros potenciales polinizadores y, por lo tanto, los expone a sus efectos. Podrían existir en el futuro insecticidas repelentes de esos polinizadores, pero hoy no los tenemos.

La mayoría de las investigaciones realizadas hasta el momento se han centrado en las abejas domésticas *Apis mellifera*, pero estas no son las únicas polinizadoras de cultivos. También hay estudios sobre abejas autóctonas sin aguijón, como los conducidos por Favio Gerardo Vossler, integrante de nuestra institución, acerca de la actividad de esas abejas nativas en muchos cultivos de diferentes regiones del país.

En nuestro laboratorio estamos investigando caminos que conduzcan a asegurar la supervivencia de las abejas en los agroecosistemas, y también favorezcan la calidad de los productos de la colmena. Para ello procuramos conocer, entre otras cosas, las principales vías de ingreso de los pesticidas en las colmenas: ¿es por el polen, por el néctar, por abejas que ingresan contaminadas o por deriva de pesticidas mal aplicados? Cuando tengamos respuestas a estos interrogantes intentaremos promover herramientas agronómicas para mitigar los efectos adversos de los insecticidas sobre las abejas y sus productos.

También estamos midiendo las repercusiones de la polinización por insectos sobre los valores de proteínas y lípidos de los porotos de soja, así como su poder germinativo. En paralelo estudiamos el comportamiento recolector de polen de las abejas en campos con abundantes y variados cultivos en flor. Procuramos descubrir las predilecciones florales de las abejas en cada hora del día, para saber cuál es su fuente preferida de proteínas.

En síntesis, para numerosos cultivos, la soja entre ellos, la polinización por insectos dependió siempre del mutualismo natural entre especies: la polinizada (cuyo beneficio primario es la obtención de progenie gracias al intercambio de polen entre plantas) y la polinizadora (cuyo principal beneficio viene dado por la obtención de energía y proteínas). Sin embargo, hoy ese mutualismo depende de una tercera especie, la nuestra, como resultado de sus acciones alterantes del medio.

Oruga fitófaga de la especie *Helicoverpa zea* sobre una planta de soja.

Advertimos en estos momentos, en consecuencia, que nos cabe la responsabilidad de gestionar convenientemente los ambientes para que dicha simbiosis, otrora producto de la evolución natural, siga ocurriendo. El desafío que enfrentan los investigadores de las ciencias agropecuarias es lograr que los productores y la comunidad rural toda se apropien de los saberes académicos para asumir la parte de la responsabilidad que les cabe. Es un desafío que merece la dedicación de nuestros mejores esfuerzos. CH

LECTURAS SUGERIDAS

AAVV, 2005, 'La transformación de la agricultura argentina', número temático, Ciencia Hoy, 15, 87: 6-61.

AIZEN MA, GARIBALDI LA y DONDO M, 2009, 'Expansión de la soja y diversidad de la agricultura argentina', *Ecología Austral*, 19, 1: 45-54.

BLETTLER DC *et al.*, 2017, 'Contribution of honeybees to soybean yield', *Apidologie*, 49, 1: 101-111.

FAGÚNDEZ GA *et al.*, 2016, 'Do agrochemicals used during soybean flowering affect the visits of Apis mellifera?, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14, 1.

GARIBALDI LA *et al.*, 2012, 'Los polinizadores en la agricultura', Ciencia Hoy, 21, 126: 34-43.

VOSSLER FG *et al.*, 2018, 'Stingless bees as potential pollinators in agroecosystems in Argentina: Inferences from pot-pollen studies in natural environments', en VIT P, PEDRO S & ROUBIK D (eds.), *Pot-Pollen in Stingless Bees*, Springer.

Diego Blettler

Magíster en ciencias agropecuarias, Universidad Nacional de Río Cuarto.
Profesor adjunto, Universidad Autónoma de Entre Ríos.
dcblettler@hotmail.com

Daniela Chemez

Ingeniera agrónoma, Universidad Nacional de Entre Ríos.
Jefa de trabajos prácticos, Universidad Autónoma de Entre Ríos.

Guillermina Fagúndez

Doctora en biología, Universidad Nacional del Sur.
Ingeniera agrónoma, Universidad Nacional de Entre Ríos.
Investigadora adjunta del Conicet en el CICYTTP.
Profesora adjunta, Universidad Autónoma de Entre Ríos.

CIENCIA Y SOCIEDAD

50º Aniversario del Hombre en la Luna: la mirada de científicos

Una astrónoma, un antropólogo, un físico y un ingeniero espacial nos invitan a reflexionar y conmemorar esta hazaña de la humanidad.

Por Jorgelina Martínez Grau

[Armstrong] *Houston, aquí Base Tranquilidad. El Águila ha alunizado.*
[CCM] *Recibido, Twan... Tranquilidad. Copiamos que están en tierra. Aquí tienen un grupo de personas a punto de ponerse azul. Respiramos nuevamente. Muchas gracias.*

Con estas breves y concisas palabras, el astronauta convulsionó a todos los del Centro de Control de Misión y hasta al mundo entero, para inmediatamente traer la mayor tranquilidad. *Tranquilidad*, nombre que Armstrong eligió para bautizar la base en donde acababan de alunizar y que había mantenido en secreto, hasta ese momento, para los perplejos y aliviados oyentes. A 50 años de aquel hito de la historia universal, algunos científicos se animan a reflexionar acerca de lo que implica este acontecimiento.

Lo que más le impactó al investigador del CONICET Gabriel R. Bengochea fue el hecho de que, durante la década de 1960, se desarrolló toda la tecnología necesaria que antes no existía. "Desde materiales específicos, computadoras, purificadores de agua, máquinas, vehículos y trajes espaciales. No había proveedores para encargarles un envío a domicilio", cuenta el científico que trabaja en el Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE, CONICET-UBA). "Todo se estaba haciendo por primera vez. Los humanos tuvimos que aprender a salir y orbitar la Tierra, acoplar dos naves en el espacio, alejarnos de la Tierra, orbitar otro cuerpo celeste, descender en la superficie de la Luna y retornar a la Tierra sanos y salvos".

Para Marcela Cañada Assandri, astrónoma del Departamento de Geofísica y Astronomía (FCEFN-UNSJ y CONICET), la llegada del hombre a la Luna significó, en muchos aspectos, un punto de quiebre para las ciencias planetarias, especialmente para los científicos que se dedican a analizar las características superficiales de los cuerpos celestes, como su composición, porosidad, rugosidad, y para quienes estudian los procesos de formación de planetas.

Livio Gratton es doctor en Ingeniería Aeroespacial y miembro de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). La curiosidad por el espacio y la pasión por la expedición lo llevaron a plasmar todo su conocimiento e interés por la misión Apolo en una charla itinerante para todo público. La primera se realizó en el Planetario de Buenos Aires y el 20 de julio se dió en el Centro Cultural de la Ciencia (C3). Titulada "A 50 años del Apolo 11: Detalles Técnicos y Humanos de la Misión", la charla hace un recorrido por los aspectos centrales de la misión: las distintas fases, desde el lanzamiento hasta el amerizaje, los protagonistas, los desafíos técnicos, la actividad extravehicular y algunas curiosidades. Todo mediante una minuciosa selección de videos, algunos de difícil acceso.

Como gran admirador de la humilde personalidad de Neil Armstrong, a Gratton le gustaría tratar de transmitir, principalmente, las sensaciones humanas, es decir, un poco de lo que se vivió en ese momento y "que el público pueda ponerse un poquito en el lugar de esos tres hombres: de Collins solo en el módulo de comando, de los otros dos astronautas durmiendo algunas horas en la superficie lunar antes de salir, la ansiedad que aparecía cada vez que había que accionar algo o cuando se perdía el contacto de radio, la incertidumbre de los que estaban en Tierra, el deseo de todo un planeta de que todo saliese bien..."

Algunos aportes científicos de la misión

"En comparación con las misiones Apolo posteriores, los objetivos de la misión Apolo 11 tuvieron poca ciencia, puesto que fue la primera misión en alunizar", describe Bengochea y agrega: "Los astronautas Armstrong y Aldrin caminaron cortas distancias durante tan sólo unas dos horas y media. Entre las primeras huellas en la Luna, sobre el polvo lunar, instalaron un sismógrafo y un dispositivo con espejos que, al enviar pulsos láser desde la Tierra hacia esos espejos, actualmente podemos medir la distancia a la Luna con gran precisión. Los seres humanos pudimos comprobar en persona que nuestra física cotidiana funciona igual en otro cuerpo celeste".

Por otro lado, "la Luna nos revela un pasado muy activo en el Sistema Solar. Con su superficie llena de cráteres y una historia en común con la Tierra, nos aporta también información complementaria sobre qué elementos químicos estaban presentes en el Sistema Solar primitivo, unos 4600 millones de años atrás. La *armalcolita* (un óxido múltiple de titanio, hierro y magnesio) es un mineral que fue descubierto en el mar de la Tranquilidad de la Luna y fue nombrado en honor de los tres astronautas del Apolo 11, como un acrónimo de ARMstrong + Aldrin + COLlins. En esta misión, se trajeron a la Tierra unos 22kg de roca, aproximadamente, que junto con las misiones posteriores suma un total de 382 kilogramos", afirma el científico.

"Esas rocas representan la primera muestra certera de material traído de otro cuerpo celeste", comenta Cañada Assandri. "En la Tierra existen otras muestras de material extraterrestre: los meteoritos. Sin embargo, de estos, solo podemos estimar su origen". Por este motivo, las rocas traídas desde la Luna sirvieron para investigar, por ejemplo, las relaciones directas entre las características del material y el lugar en donde fueron recolectadas, entre muchos otros aspectos.

Las siguientes misiones que descendieron en la Luna hasta 1972 se encargaron de realizar expediciones más extensas y experimentos más elaborados.

Ciencia, poder y vida política

Alejandro López es astrónomo, antropólogo e investigador del CONICET en la UBA. Para él, el tema de las misiones a la Luna es un caso interesante para analizar la relación de la cien-

cia con otros aspectos de la vida y, en particular, con el poder y la vida política en el mundo. "En este sentido, las misiones Apolo, que se encuentran entre los mayores logros de la combinación de ingeniería y ciencia de la historia humana, muestran esa relación", indica.

El investigador relata que las misiones Apolo surgieron en el contexto de la Guerra Fría entre Estados Unidos y la Unión Soviética, como parte de una disputa práctica y simbólica por el control del espacio. De hecho, la tecnología de exploración espacial se basó en desarrollos surgidos en el contexto de un conflicto previo ya que, al finalizar la Segunda Guerra Mundial, estadounidenses y soviéticos se disputaron los expertos y desarrollos del programa alemán de misiles V1 y V2. "El posicionamiento en el espacio se volvió una cuestión crucial debido, por ejemplo, a la importancia de dominar el espacio orbital terrestre para ubicar satélites que facilitaran las comunicaciones y la fotografía estratégica".

La historia cuenta que los rusos fueron los que dieron los primeros pasos exitosos en los inicios de la carrera espacial e, incluso, lograron poner la primera persona en órbita. Así, el 12 de abril de 1961, el joven Yuri Gagarin se convirtió en el primer hombre en observar la Tierra desde fuera de la atmósfera. "Para los EE. UU., se volvió esencial revertir la ventaja soviética. Por eso, Kennedy, a poco de asumir la presidencia, estableció como objetivo poner un hombre en la Luna".

"Podemos ver que hay mucho, en el programa Apolo, que tiene que ver con la carga simbólica y la decisión política que implicaba poner un hombre en la Luna, ir un paso adelante en la carrera espacial y demostrar la potencia de EE.UU. Los intereses científicos —que por supuesto fueron importantes en las misiones a la Luna— no fueron los determinantes para definir el enorme presupuesto y esfuerzo que implicó llevar adelante estas misiones. De hecho, en la historia del programa espacial, no se ha vuelto a igualar este presupuesto".

Pero, la hazaña ¿sucedió, o no?

López plantea que cuando el objetivo político de adelantarse a la Unión Soviética se cumple, EE.UU. reordena sus prioridades y la asignación de recursos. Las misiones Apolo se cancelan y el interés se focaliza en establecer la primera estación espacial internacional en órbita. "Además de este reordenamiento de prioridades políticas, lo interesante es analizar la recepción social que se generó sobre este asunto. Originalmente, el extraordinario hecho tuvo un gigantesco impacto en la opinión pública, a la gente le pareció un acontecimiento increíble", señala.

Sin embargo, con el correr de los años, el enorme entusiasmo se va disipando y surgen las "teorías conspirativas" que ponen en duda la llegada del hombre a la Luna. Según López, esto se relaciona con los cambios en los imaginarios sociales sobre la ciencia y el poder político. "Como fenómeno social, estas sospechas son muy interesantes ya que nos permiten tratar de comprender las formas en que la gente percibe la ciencia y cómo construye sus ideas en torno a lo que es cierto y lo que no".

Estos fenómenos socio-culturales complejos suelen ser abordados desde la astronomía cultural. "Lo interesante es analizar, por ejemplo, cómo se borra del imaginario social el recuerdo de todas las otras misiones Apolo que alunizaron. Fueron seis misiones en total las que pusieron seres humanos en la Luna, pero si uno pregunta a casi cualquier persona en la calle va a decir: 'el hombre llegó a la Luna en 1969 y después nadie más volvió'. Nuestra memoria se activa y desactiva en función de contextos y de intereses, tanto a nivel individual como colectivo", comenta.

"Yo creo que las personas que dudan de la llegada del hombre a la Luna no han tenido tiempo o interés de ver toda la documentación y el material que hay disponible en la página web de la NASA", opina Livio Gratton. En ese sitio, se encuentran todas las transcripciones de los diálogos completos de los ocho días que duró la misión; también la descripción de todas las maniobras que hicieron y de las entradas a las computadoras. "Si uno tuviese que inventar todo eso, y hacer que tenga sentido, sería un esfuerzo mayor que el de poner un hombre en la Luna", sonríe y concluye: "Para mí, la prueba más contundente es que el bloque Soviético nunca negó

el hecho. Si bien no lo anunciaron con bombos y platillos, algún científico amable publicó artículos felicitando por el gran logro. ¡Que más hubiesen querido los soviéticos de ese momento que desenmascarar una farsa así!"

Conmemorando el gran hecho histórico

"Tal vez, el proyecto Apolo fue uno de los emprendimientos llevados a cabo en equipo más importantes de la historia. Alrededor de 400 mil personas, a lo largo de una década, participaron del objetivo de poner a un ser humano en la superficie de la Luna", reflexiona Bengochea. Para este físico, el mensaje detrás de conmemorar este hecho sería que "hasta lo imposible se puede lograr si existe un claro objetivo y se trabaja en equipo".

Para López, sería interesante "reactivar la memoria social respecto a los detalles del proceso. Recordar que no se trata solamente del Apolo 11, sino que hubo una serie de naves e intentos anteriores, seis misiones posteriores, y un montón de trabajo científico con las muestras que se obtuvieron en la Luna y con los objetos que todavía están allá".

Como mujer astrónoma, a Marcela Cañada le gustaría resaltar el importante trabajo que realizó la pionera en ingeniería de software, Margaret Hamilton. "Fue su programación la que hizo los cálculos correctos y permitió que la tripulación del Apolo 11 cumpliera su misión exitosamente y regresara a casa".

"Yo no dejo de pensar en la fragilidad; son miles y miles de cosas que tuvieron que salir bien para que la misión fuera un éxito", reflexiona Gratton. "Es una prueba de lo que puede hacer la sociedad humana cuando enfoca su esfuerzo". Para este ingeniero, en el año 69, se alcanzó un hito que no se ha vuelto a igualar. Además, remarca que ni siquiera se tenían fotos de calidad de la Luna en ese momento, ni la capacidad organizativa de hoy; los programadores, como no tenían requerimientos, comenzaron a programar desde cero todo lo que había que programar.

"Para mi es algo milagroso", exclama Gratton y sintetiza: "El proyecto Apolo fue eso: 'no tenemos tiempo, hay que darle para adelante'. Inventaron todo y en el camino lo fueron arreglando. No pasaron ni dos años entre el Apolo 1 (donde murieron tres astronautas) y el Apolo 11. Tuvieron que rediseñar por completo el módulo de comando. Y lo hicieron..." ■

ASTRONOMÍA

La historia de los eclipses a través de una lente

El Instituto de Astronomía y Física del Espacio y el Instituto de Astrofísica de París organizan una muestra fotográfica itinerante que cuenta con la colaboración de la Embajada de Francia en la Argentina.

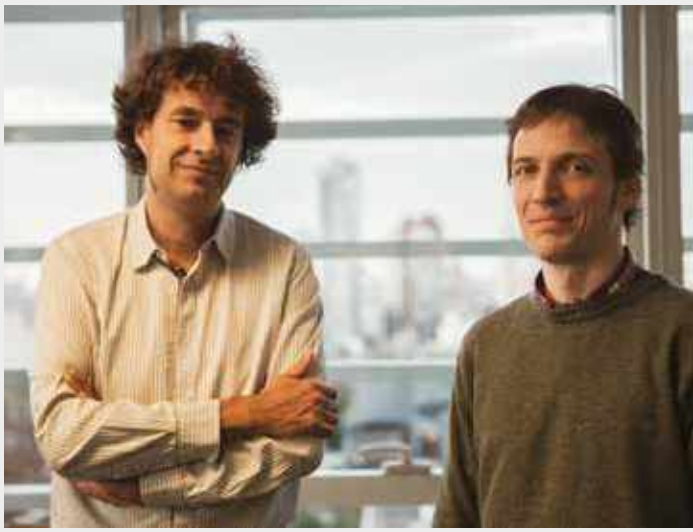
Por Miguel Faigón

En el marco de un proyecto internacional de colaboración científica franco-argentina para estudiar planetas extrasolares, financiado por el Centro Nacional Para la Investigación Científica (CNRS, por su sigla en francés), el Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE, CONICET-UBA) y el Instituto de Astrofísica de París (IAP) organizaron una muestra fotográfica itinerante sobre eclipses solares que se puede visitar de manera gratuita en el en el Centro Cultural de la Ciencia (C3) y en el Centro Atómico Bariloche. La exposición también estuvo presente en el Planetario Galileo Galilei de Buenos Aires y en el Centro Cívico San Juan.

El disparador de esta propuesta, que se apuesta a que recorra todo el país, son el eclipse solar total que tuvo lugar el 2 de julio pasado y el que ocurrirá el 14 de diciembre del próximo año cerca del mediodía. Rodrigo Díaz, investigador adjunto del CONICET en el IAFE y Guillaume Herbrard del IAP son los curadores científicos de la muestra que cuenta con paneles destinados a eclipses históricos así como de fotos de eclipses tomadas por fotógrafos profesionales y aficionados de Francia y Argentina.

¿Qué es un eclipse de Sol?

Guillaume Herbrad: un eclipse solar se produce cuando desde la perspectiva de la Tierra, la Luna pasa por delante del Sol, puede ser parcial si tapa solo una parte del Sol y total si lo cubre completamente. Un eclipse de Sol total es un evento natural extraordinario que implica que en pleno día caiga la noche de golpe. Lo más impresionante es que se puede observar la corona del Sol, que es la parte externa de la atmósfera solar, que en otras condiciones resulta imposible poder ver.



Guillaume Herbrard y Rodrigo Díaz. Foto: CONICET Fotografía / Verónica Tello.

Recorrido del eclipse total solar visto desde Calingasta, San Juan el 2 de julio de 2019. Detrás se ve la cordillera. Foto: CONICET Fotografía / Verónica Tello.

Niños observando el eclipse del 2 de julio 2019. Foto: CONICET Fotografía / Verónica Tello.

¿Qué características tuvo el último eclipse?
GH: fue parcial en toda la Argentina, pero dentro de una banda de aproximadamente 140 kilómetros de ancho, que va desde el centro San Juan hasta el norte de la provincia de Buenos Aires -pasando por el norte de San Luis y sur de Córdoba y de Santa Fe- fue total. Algo similar va a suceder con el eclipse que tendrá lugar el 14 de diciembre del año que viene –que será total en algunas localidades de Neuquén y Río Negro- con la ventaja de que será en un momento en el que Sol va a estar a mayor altura, lo que va a hacer más impactante su observación.

¿Cómo ocurre este fenómeno astronómico?
Rodrigo Díaz: Para entender cómo sucede hay que tener en cuenta tres cuerpos: la Luna, el Sol y la Tierra. Tanto la Luna como la Tierra reciben la luz que emite el Sol. La llegada de la luz a la Tierra marca los días y las noches, al tiempo que su efecto sobre la Luna determina la distintas fases por las que atraviesa durante el mes que toma su vuelta a la Tierra (Cuarto menguante, Luna Nueva, Cuarto creciente, Luna llena). Una vez por mes, vista desde nuestro planeta, la Luna se encuentra en la misma dirección que el Sol, pero en general pasa por arriba o por abajo, por eso no ocurren eclipses todos los meses. Pero cada tanto cruza el disco del Sol y entonces ocurre un eclipse.

¿En qué se diferencia un eclipse solar total de uno anular como el que se vio en Argentina el 26 de febrero de 2017?
RD: Un eclipse solar total ocurre en un momento en que la Luna se encuentra a una distancia tal de la Tierra que hace que desde nuestro punto de vista parezca de mayor tamaño que el Sol (en realidad es 400 veces menor) por lo que en cierta franja de nuestro planeta cubre su luz completamente. Durante los eclipses anulares la Luna está a mayor distancia, por eso al alinearse con el Sol (siempre desde el punto de vista nuestro), no lo tapa sino que da lugar a que se forme un anillo de luz. Al igual que con los eclipses totales, fuera de un determinada franja territorial, los eclipses anulares también se ven como parciales.

¿Hay aspectos comunes entre la observación de los eclipses y el estudio de planetas extrasolares?
RD: La ocurrencia de eclipses depende de una asombrosa coincidencia entre los tamaños aparentes de la Luna y el Sol; coincidencia que es aprovechada hace siglos para poder estudiar el funcionamiento del Cosmos. Por su parte, el estudio de los planetas extrasolares explota una coincidencia similar: cuando la alineación de las órbitas de los planetas con la línea de la visual desde la Tierra es casi perfecta, estos también transitan delante de su estrella. Lo que nos permite no solo conocer el tamaño relativo del planeta con respecto a su estrella, sino que, combinado con otras técnicas de detección, nos facilita una ventana para comprender la composición interna de estos objetos. ■

Para más información sobre la muestra se puede visitar *http://www.iafe.uba.ar/expoeclipses/*

SUSCRÍBASE AL CONOCIMIENTO

www.cienciahoy.org.ar

contacto@cienciahoy.org.ar RevistaCienciaHoy Tel (011) 4961 1824

Inés Pérez
Centro de Estudios Sociales y Políticos (CESP),
Universidad Nacional de Mar del Plata

Aparatos domésticos y liberación femenina

El lavarropas para mí es fundamental. Me puede faltar de comer, pero no el lavarropas.
Ama de casa entrevistada por la autora

La idea de que la incorporación de nuevas máquinas puede reducir o incluso eliminar el trabajo es una de las fantasías recurrentes en torno del potencial de la ciencia y la tecnología. Esta idea no se limita al ámbito de la producción de mercancías; también ha tenido fuerte influjo sobre el trabajo doméstico. La promesa de liberación ha sido un elemento clave en las publicidades de artefactos electrodomésticos y otros para el hogar, en los que la protagonista era una mujer que gracias a ellos ganaba tiempo para hacer otras cosas. Sin embargo, a pesar de que el uso de este tipo de productos se ha extendido notablemente a lo largo del siglo XX, el trabajo doméstico no solo no ha desaparecido, sino que las mujeres le siguen destinando diariamente una cantidad considerable de tiempo.

Los efectos sobre el trabajo doméstico de la introducción de dichos artefactos han generado fuertes controversias en el ámbito de las ciencias sociales. En 1974, la investigadora estadounidense Joann Vanek sostuvo en un texto pionero ('Time spent in housework', *Scientific American*, 231, 5: 116-120) que en su país las mujeres sin empleo remunerado no habían visto disminuir significativamente el tiempo destinado a esa actividad a pesar de disponer de aparatos domésticos. En cambio, en 1988 Jonathan Gershuny, de la Universidad de Bath, y John P Robinson, de la de Maryland, señalaron que para las mujeres británicas de clase trabajadora ese tiempo se había reducido sustancialmente gracias a tales artefactos ('Historical changes in the household division of labour', *Demography*, 25, 4: 537-52).

¿DE QUÉ SE TRATA?

Realidades y fantasías sobre los beneficios de los artefactos domésticos

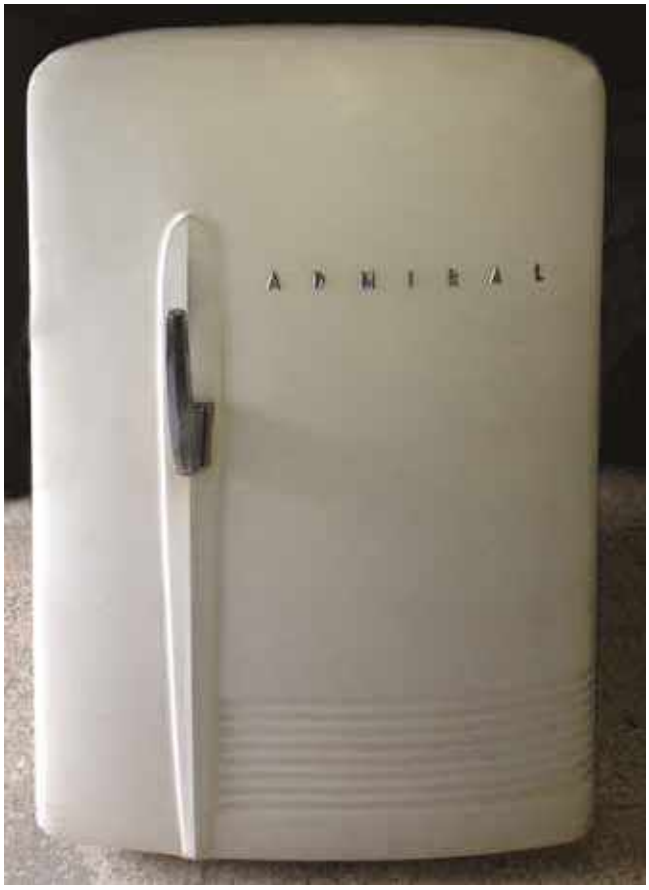
Heladera General Electric con gabinete de acero, única puerta, patas semejantes a las de un mueble de estilo y el compresor arriba. El modelo (llamado *Monitor Top*) data de 1927, cuando se comenzó a vender en los Estados Unidos por el entonces considerable precio de 525 dólares (unos 7600 dólares actuales). Durante la década de 1930 llegó a los hogares argentinos, aunque el número de estos con heladera eléctrica era muy pequeño: solo alcanzó hacia 1947 al 3% del total, y al 7% en la ciudad de Buenos Aires. En 1929, Kelvinator puso en el mercado una heladera con forma de simple palalelepípedo, sin patas visibles y con la maquinaria oculta abajo, diseño que en gran medida sigue vigente.

Los nombrados llegaron a estas conclusiones contrarias más a partir de supuestos que de certezas, pues no dispusieron de un andamiaje estadístico adecuado, ni pudieron discernir el efecto específico de los artefactos con relación a otros cambios, como el acceso a electricidad y a agua corriente, el incremento del empleo femenino, etcétera. En tiempos más recientes (2004), tres académicos australianos, Michael Bittman, James Rice y Judy Wajcman, establecieron a partir de información precisa que en su país los artefactos domésticos raramente han disminuido el tiempo destinado al trabajo doméstico no remunerado y que, incluso, pueden haberlo incrementado. ¿Cómo se explica esto? ¿Por qué difiere de lo ocurrido, por ejemplo, con el trabajo industrial?

Sucede que en el ámbito industrial las máquinas automatizan tareas que forman parte de un proceso. La reducción del tiempo de trabajo necesario para elaborar un producto no solo depende de la introducción de maquinaria sino, también, de la división y especialización del trabajo y de la escala de producción. En el trabajo doméstico, en cambio, no hay división del trabajo ni economías de escala: por lo general una sola persona –una mujer– realiza la totalidad de las tareas y, aun cuando las máquinas simplifiquen algunas labores, el ahorro del tiempo total es limitado. El diseño de los artefactos domésticos se apoyó en la premisa de que debía haber una heladera, un lavarropas, una aspiradora, etcétera, por hogar. De ese modo, los artefactos domésticos no solo no pusieron en cuestión la división sexual del trabajo, de acuerdo con la cual a las mujeres les cabe la responsabilidad del hogar: reforzaron además el concepto de que ese trabajo es responsabilidad de cada grupo doméstico, lo cual excluyó la posibilidad de realizarlo de manera colectiva, como lo proponían algunas feministas a fines del siglo XIX.

Por otro lado, la introducción de nuevos artefactos pensados para simplificar el trabajo doméstico fue de la mano de la creación de nuevas tareas, y de un aumento en los estándares a que debían ajustarse sus resultados. Así, los lavarropas, que inicialmente no eran automáticos, ahorraban parte del esfuerzo de lavar, pero en muchos casos obligaban a pasar la ropa por unos rodillos para extraerle el agua y agilizar su secado. Y si los lavarropas actuales son mucho más eficientes en cuanto a ahorro de tiempo y de trabajo, su uso resultó acompañado por un incremento de la cantidad de ropa que usamos y de la frecuencia de su lavado.

En materia del tema que estamos tratando, es conveniente considerar también las representaciones sociales que informan no solo la compra de los aparatos domésticos sino, también, su uso. En muchos casos, en los discursos comerciales que los promocionaban y explicaban



Heladera Admiral de industria argentina del tipo en uso en la década de 1960.

su funcionamiento subyacía el concepto de que el tiempo que los artefactos liberaban sería naturalmente utilizado en el cuidado de la familia. Quedaba así sobreentendido que unas tareas domésticas seguramente más tediosas o cansadoras serían reemplazadas por otras más placenteras, pero que el tiempo total que las mujeres destinaban al trabajo doméstico no variaría.

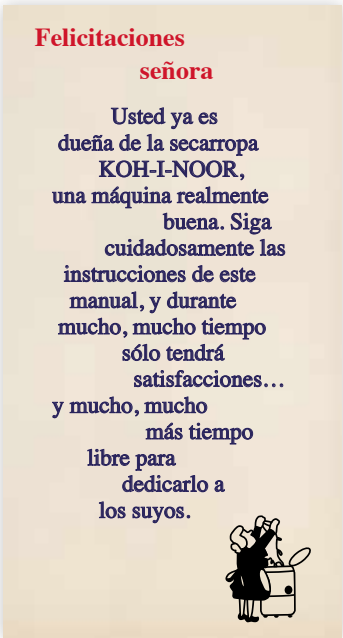
En los tiempos iniciales de la masificación de los aparatos electrodomésticos, este tipo de discurso probablemente buscaba conjurar las ansiedades despertadas entre las amas de casa por tales bienes, pues podían temer que, por tenerlos, se las considerara inclinadas a la ociosidad. Esas ansiedades, en consecuencia, podrían generar una resistencia a comprarlos. Estos significados implícitos persistieron en el tiempo, y aún hoy vemos publicidades que presentan una versión más moderna de la división sexual del trabajo que no es sino la reedición actualizada del modelo de mujer doméstica, e incluso asignan incrementadas responsabilidades a esta.

Clase, género y domesticidad

Si bien algunos elementos reseñados son comunes a distintas sociedades, la extensión del consumo y los sentidos que se dieron y se dan a los artefactos domésticos varían de manera sustantiva en distintos contextos. En la Argentina, los artefactos para el hogar fueron parte de un proceso de ampliación y diversificación del consumo, asociado con la expansión de la industria nacional, en el que las políticas peronistas y luego desarrollistas tuvieron un papel clave. La producción de lavarropas y heladeras eléctricas, por ejemplo –que había comenzado hacia mediados de la década de 1930–, cobró un fuerte impulso durante la de 1950 y, especialmente, la de 1960. En trece años, entre 1947 y 1960, los hogares argentinos en los que había por lo menos uno de tales artefactos pasaron de ser el 3% del total a ser el 40%. Pero tanto las diferencias de clase como las regionales continuaron siendo sumamente significativas. Los hogares obreros solo se incorporaron masivamente al mercado de algunos bienes durables, como heladeras y televisores, en la década de 1960. Por otra parte, según el Censo Nacional de Vivienda de 1960, mientras que ese año alrededor del 42% de los hogares en la provincia de Buenos Aires tenía una heladera eléctrica, solo el 13% de ellos la tenía en la provincia de Catamarca.

Los cambios en el consumo tuvieron fuerte incidencia en las identidades de clase y en la generación de distancias sociales. A mediados del siglo XX, el atractivo de los artefactos residía menos en la posibilidad de reducir el tiempo de trabajo, que en la de jerarquizar a su nue-

Publicidad de heladeras SIAM, ubicuas en las décadas de 1950 a 1960. La Sociedad Italiana de Amasadoras Mecánicas (SIAM), fundada por Torcuato Di Tella en 1911 para producir máquinas de uso en panaderías, fue un actor importante en el mercado de las heladeras en las décadas de 1940 a 1960.


Felicitaciones
señora

Usted ya es
dueña de la secarropa
KOH-I-NOOR,
una máquina realmente
buena. Siga
cuidadosamente las
instrucciones de este
manual, y durante
mucho, mucho tiempo
sólo tendrá
satisfacciones...
y mucho, mucho
más tiempo
libre para
dedicarlo a
los suyos.

Comienzo de las instrucciones para el uso de la secadora por centrifugado Koh-I-Noor, 1974. El mensaje promocional se centra en la liberación del tiempo de las amas de casa para 'dedicarlo a los suyos'.

Publicidad de General Electric, *Para ti*, 28 de abril de 1953. El énfasis del mensaje está en la figura de la servidumbre doméstica, obtenida, claro está, por medios electromecánicos.

va dueña como reina del hogar y, consecuentemente, a quien lo había comprado para ella, como rey. Comprar una heladera o un lavarropas no era solo una cuestión de trabajo, sino de estatus.

La familia y el mundo doméstico están condicionados por la clase, pero a su vez forman parte de los modos en que las personas acumulan capital económico, social y simbólico, y de sus maneras de distinguirse. Los estudios feministas han puesto de relieve que la respetabilidad familiar, de la que depende la posición de clase, se sostiene, entre otras cosas, en la posibilidad de adecuarse a un modelo de domesticidad preciso. En este sentido, si bien el modelo de domesticidad de clase media –un matrimonio con clara división de funciones entre padre y madre que reside con sus hijos en una vivienda independiente, en lo posible propia y equipada con los últimos adelantos–, fue postulado como ideal de respetabilidad a alcanzar por sujetos provenientes de distintos sectores sociales, también fue apropiado, disputado e incluso confrontado de formas diversas.

Adquirir estos bienes era un modo de mostrar capacidad económica y de tener servidumbre, aunque fuese eléctrica, como aparecía en algunas publicidades de la época. Evidenciaba también una economía moral, que privilegiaba usar el dinero para el bienestar familiar. Para muchos, más que facilitar el trabajo doméstico o disminuir el tiempo destinado a él, esos artefactos permitían hacerlo de un modo específico que le sacaba mayor provecho. Así, una licuadora o una heladera eléctrica permitían preparar platos de mayor complejidad, y con ellos impresionar a posibles invitados. Del mismo modo, ciertas tareas simplificadas por los artefactos solo resultaban necesarias luego haber adquirido bienes que evidenciaban el estatus de sus tenedores. Solo compraban una lustradora, por ejemplo, quienes tenían un piso de parquet u otro material que requiriese lustrado.

La elevación de los estándares a partir de los que se evaluaba el trabajo doméstico estaba relacionada con las miradas de clase sobre orden y limpieza, los que se traducían en una larga y minuciosa lista de tareas solo parcialmente y de manera limitada simplificable por artefactos domésticos. Esto implicaba más trabajo para las mujeres que debían ejecutarlas, que no siempre eran las amas de casa, pues muchas veces recurrían a empleadas. Si el trabajo doméstico permitía sostener la respetabilidad familiar, el peso de realizarlo se dividía desigualmente no solo entre varones y mujeres sino, también, entre diferentes mujeres. Entre los criterios que regían esa división, además del género estaban la clase, la edad, el origen migratorio, etcétera.

En la actualidad mucho de lo anterior persiste. La difusión de nuevos productos que buscan simplificar el trabajo doméstico y prometen liberar de él a las mujeres está acompañada por imágenes de hogares impolutos mantenidos gracias a la inversión de una gran cantidad de tiempo, ya sea de la dueña de casa o de una mujer más pobre a la que le paga por reemplazarla.

La evidencia histórica muestra, sin embargo, que los cambios tecnológicos mediante los cuales se pudo redu-

Publicidad de lavarropas Bendix en una revista femenina estadounidense, *Woman's Day Magazine*, 1950. Sin ponerlo en palabras, las imágenes muestran cómo, gracias al artefacto, la mujer se libera de la carga del trabajo doméstico.

Representaciones de las amas de casa estadounidenses en la publicidad de artefactos electrodomésticos en la década de 1960.

cir el tiempo y el esfuerzo asociados con dicho trabajo tuvieron menos que ver con artefactos que podían adquirirse en el mercado, y más con transformaciones llevadas a cabo por el Estado. Nos referimos, sobre todo, a la extensión de las redes de provisión de agua potable y de gas. Pero la limitada cobertura de estas redes aun hoy es origen de fuertes desigualdades de la realidad con la cual se enfrentan mujeres de distintos sectores sociales.

En todo caso, las innovaciones técnicas por sí solas no alcanzan. Mientras los discursos y las representaciones sociales a partir de los cuales se diseña, fabrica, comercializa y adquieren los nuevos productos refuercen la división social y sexual del trabajo doméstico, y mientras la difusión de esos nuevos productos no vaya acompañada de mejoras en los mencionados servicios públicos e incluso en la provisión de determinadas prestaciones sociales (cuidado de la primera infancia, educación preescolar, salud materno-infantil, cuidado de la vejez), difícilmente pueda pensarse en reducir el tiempo que las mujeres dedican cotidianamente a las tareas del hogar. CH

LECTURAS SUGERIDAS

MÍGUEZ E, 1999, 'Familias de clase media: la formación de un modelo', en DEVOTO F y MADERO M, *Historia de la vida privada en la Argentina*, vol. 2, Taurus, Buenos Aires, pp. 21-45.

MILANESIO N, 2014, *Cuando los trabajadores salieron de compras. Nuevos consumidores, publicidad y cambio cultural durante el peronismo,* Siglo XXI, Buenos Aires.

NOLAN M, 1990, 'Housework made easy. The taylorized housewife in Weimar Germany's rationalized economy', *Feminists Studies*, 16, 3: 549-577.

PÉREZ I, 2012, *El hogar tecnificado. Familias, género y vida cotidiana (1940-1970),* Biblos, Buenos Aires.

PITE R, 2016, *La mesa está servida. Doña Petrona C de Gandulfo y la domesticidad en la Argentina del siglo XX*, Edhasa, Buenos Aires.

Inés Pérez

Doctora en ciencias sociales y humanas, Universidad Nacional de Quilmes. Investigadora adjunta del Conicet en el CESP, UNMdP. Jefa de trabajos prácticos, UNMdP.

inesp18@yahoo.com

¡NO TE PIERDAS EL CONOCIMIENTO DE LAS CIENCIAS!

SUSCRIBITE A

CIENCIA HOY DE LOS CHICOS

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

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

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

130 profesionales, 249.600 horas de investigación al año.

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

Tecnología en el producto. Innovación en el servicio.

www.tenaris.com/argentina

Tenaris