

Año 22 | N° 59 | Diciembre 2015

ISSN papel: 1514-920X

ISSN en línea: 1853-2942

EXACTAMENTE

EX
m

La revista de
divulgación
científica

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

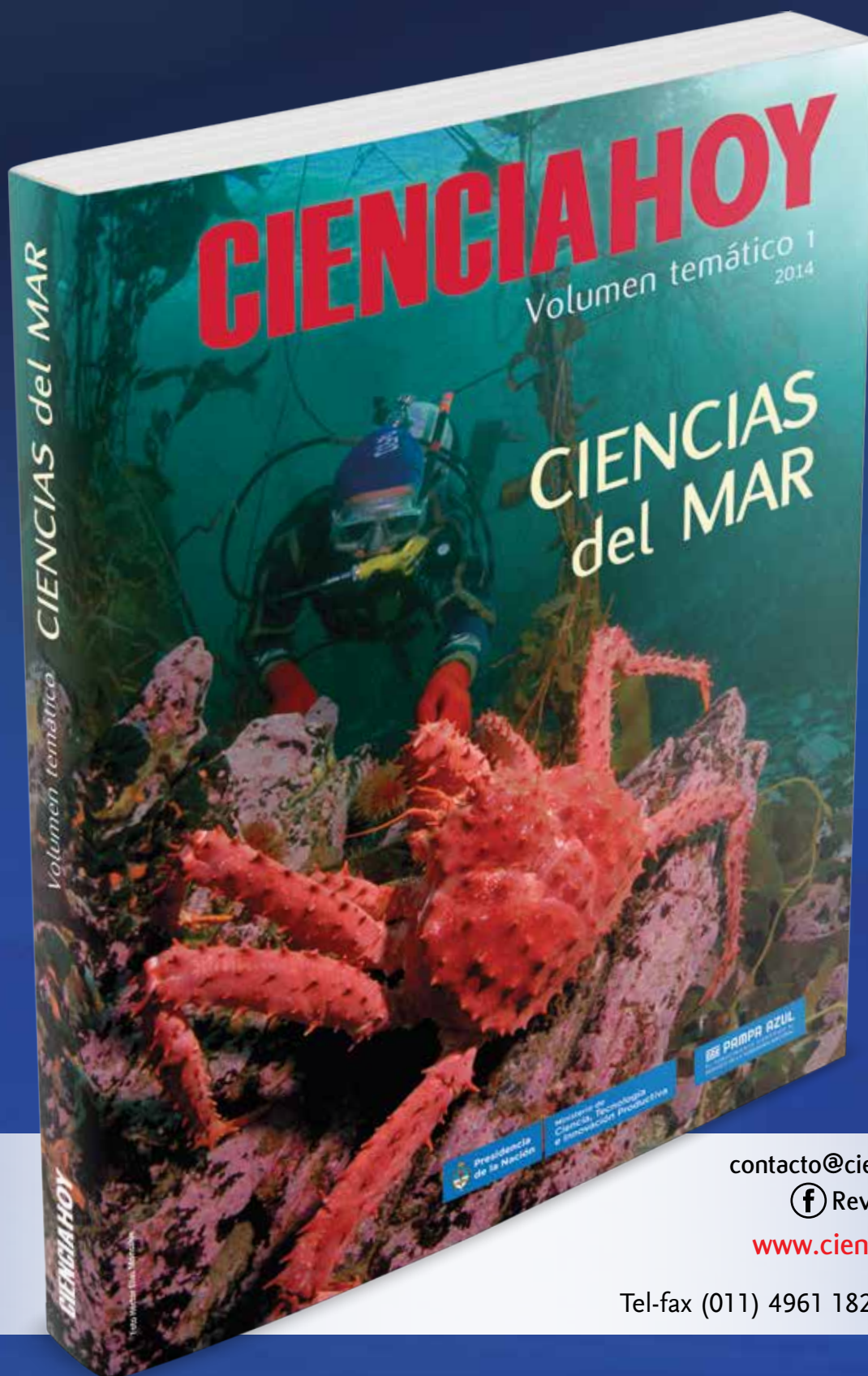
/Aniversario
150 años de Exactas

/Ecología
Aves migradoras

/Ley de semillas
Germen de conflictos

La ciencia de la música
Armonías y teoremas

CIENCIAHOY inaugura la serie de volúmenes temáticos con 30 artículos sobre Ciencias del Mar ya publicados en la revista.



contacto@cienciahoy.org.ar

 RevistaCienciaHoy

www.cienciahoy.org.ar

Tel-fax (011) 4961 1824 y 4962 1330

STAFF

Consejo editorial

Presidente: Juan Carlos Reboreda

Vocales: Sara Aldabe Bilmes, Omar Coso, Guillermo Durán, Pablo Jacovkis, Javier López de Casenave, Marta Maier, Silvina Ponce Dawson, Víctor Ramos, Matilde Rusticucci, José Sellés-Martínez

Equipo editorial

Director: Ricardo Cabrera

Editor general: Armando Doria

Coordinador Editorial y editor de imágenes:
Juan Pablo Vittori

Jefa de redacción:
Susana Gallardo

Redactores:
Cecilia Draghi, Gabriel Stekolschik

Editores de secciones fijas:
- Artes: José Sellés-Martínez
- Política científica: Guillermo Durán

Colaboradores permanentes:
Nora Bär, Guillermo Mattei,
Adrián Paenza, Daniel Paz

Colaboran en este número:
Ignacio Uman - Ernesto Gallegos
Iván Sidelnik - Jorge Aliaga

Corrección:
Pamela Álvarez

Ilustración poster 150 años:
Pablo Lobato

Diseño:
Pablo G. González, Federico de Giacomi

Fotografía: Diana Martínez Llaser

Impresión:
Centro de copiado "La Copia" S.R.L.

Foto de tapa:
Diana Martínez Llaser

EDITORIAL

12 años, una foto

Escribimos esta nota editorial antes de que el pueblo argentino decida su futuro en el *ballotage* del 22 de noviembre y es casi seguro que usted la está leyendo cuando la decisión ya fue tomada. De modo que no puede leerse este análisis como proselitista o tendencioso. Nos parece importante marcar este hito, tomar la foto para la posteridad y poder hacer comparaciones justas cuando sea necesario. Es la foto de la ciencia y la tecnología argentina de finales del 2015 de cara al futuro.

Sin lugar a dudas uno de los sectores que más fuerte impacto registró durante los últimos 12 años fue la ciencia y la tecnología. La inversión en ciencia y tecnología ha aumentado en un 67% de acuerdo a la *Red de Indicadores de CyT de Iberoamérica*. Se creó el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y su ministro fue un egresado de esta casa de estudios, dándole a esta temática el rol central que debe tener en una sociedad moderna. Más allá de esto se ha visibilizado este rol de una manera como nunca se había hecho antes por ejemplo a través de Tecnópolis y de muchas otras acciones. El valor cultural y político de estas acciones fue palmario. El crecimiento y rejuvenecimiento del CONICET ha sido enorme. Se ha incrementado muy significativamente el número de investigadores y becarios. En 2002 había 3700 investigadores y 2000 becarios. Hoy hay más de 9000 investigadores y 10.000 becarios. Similar ha sido la incorporación

de gente joven en otras instituciones del sistema científico tecnológico. La histórica y lamentable fuga de cerebros argentinos se ha revertido no sólo porque nuestros jóvenes investigadores deciden hacer su carrera en el país sino porque con el Plan Raíces se han repatriado más de 1200 investigadores que habían tenido que emigrar.

Se logró el desarrollo de tecnología satelital propia integrándose nuestro país a un grupo reducido de países que dominan la tecnología de satélites geoestacionarios. También está en pleno desarrollo la tecnología espacial de lanzadores.

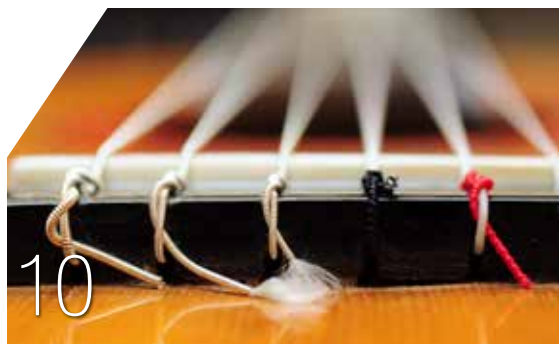
Se revitalizó el sector de tecnología nuclear. Se puso en marcha la central nuclear Atucha II (hoy Néstor Kirchner), abandonada por dos décadas. La CNEA salió de un estado vegetativo para transformarse en una Institución en plena marcha con muchos proyectos importantes. Argentina se ha transformado en un actor importante en la escena internacional en esta materia, consolidando posiciones históricas.

Esta es la foto que los que hacemos *EXACTamente* no quisiéramos mirar en el futuro con pena o nostalgia.

Ricardo Cabrera
Director de *EXACTamente*



6



10



18



29



34



38

3 Editorial

6 Ecología
Aves migratorias

10 La ciencia de la música
Armonías y teoremas

14 Astrofísica
Materia oscura

18 Informática
Virus informáticos

22 Premios Nobel 2015

25 Aniversario
150 años de Exactas

29 Ley de semillas
Germen de conflictos

34 Hidrocarburos
A cuatro años de la nacionalización de YPF

38 Tecnología
Impresión 3D

41 Humor
42 Política científica
43 Bär de ciencia
45 Preguntas
46 Biblioteca
49 Paenzamientos
50 Artes

EX_m

EXACTamente

Es una publicación cuatrimestral de la Subsecretaría de Comunicación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA.

ISSN papel: 1514-920X
ISSN en línea: 1853-2942
Registro de propiedad intelectual: 28199
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Subsecretaría de Comunicación
Ciudad Universitaria,
Pabellón II, C1428 EHA
Ciudad Autónoma de Bs. As.
Teléfono: 4576-3387
Página web de Exactas-UBA:
<http://exactas.uba.ar>

Vías de contacto

Podés enviarnos tus comentarios, suscribir a tu institución, bajar la revista en formatos electrónicos o ver cómo conseguir la versión en papel en el sitio web:
revistaexactamente.exactas.uba.ar
o por e-mail a:
exactamente@de.fcen.uba.ar

Los artículos firmados son de exclusiva responsabilidad de sus autores. Se permite su reproducción total o parcial siempre que se cite la fuente.



Este obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 3.0 Unported.

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Nuestro compromiso con la ciencia y la educación, nuestro compromiso con la sociedad

Alimentos

Ciencias Biológicas

Ciencias de la Atmósfera

Ciencias de la Computación

Ciencias Físicas

Ciencias Geológicas

Ciencias Matemáticas

Ciencias Químicas

Oceanografía

Paleontología

exactas.uba.ar | Ciudad Universitaria | Pabellón II | Ciudad Autónoma de Buenos Aires

EXACTAS UBA

Encontrá los
contenidos
de la revista
y bajala en
el formato
que prefieras



EXACTAmente en todos lados



revistaexactamente.exactas.uba.ar

Migradoras

Todos algunos vez nos topamos con especies que vienen al país tras volar miles y miles de kilómetros. Son las aves migratorias. En el mundo, cada año 50 mil millones de individuos emprenden sus viajes con variados destinos y los científicos las siguen de cerca con ayuda de diferentes tecnologías.

Cecilia Draghi / cdraghi@de.fcen.uba.ar

Toda la población humana del mundo multiplicada por siete es la cantidad de aves que cada año emprenden su vuelo migratorio para encontrar un mejor lugar en el planeta donde tener cría, pasar el invierno u otras razones aún desconocidas. Los cielos son testigos de su epopeya, que sólo en América del Sur supera a las 230 especies, y que por su magnitud se ubica tercera en el mundo. Desde la tierra algunos observadores a veces las avistan por casualidad, mientras los científicos no les quitan los ojos de encima, porque ellas despiertan numerosos interrogantes, desde saber cómo son sus rutas, qué hacen, cómo viven y cuál es su importancia.

“Cuando en 2005 estalló el caso del virus de la influenza aviar de alta patogenicidad (la famosa cepa H5N1) y que las aves migratorias podrían participar en su diseminación, surgió por parte de las autoridades nacionales una necesidad urgente de contar con información sobre el tema”, recuerda Víctor Cueto, del Centro de Investigación Esquel de Montaña y Estepa Patagónica de CONICET y Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. “En ese

momento, si bien contábamos con información general, por ejemplo, que no había migraciones de aves entre Asia y América del Sur; muchas de las preguntas que teníamos eran imposibles de contestar y se necesitaba desarrollar proyectos de largo plazo para lograr responderlas”.

Bandadas que en algunos casos pueden portar pestes y, en otros, por el contrario, combaten plagas de insectos. También participan en la diseminación de semillas, y resultan claves para regenerar bosques dañados por cataclismos, como se demostró en Patagonia. Además, colaboran en la polinización, y en algunos casos, si desapareciera el ave migratoria, generaría problemas en ciertas plantas. Van de aquí para allá. ¿Por qué? “Esa pregunta aún no tiene una respuesta concreta. Existen varias hipótesis. En principio, estarían buscando sitios apropiados para reproducirse, disponibilidad de alimentos y hasta lugares de nidificación”, indica Diego Tuero, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (Exactas-UBA).

¿Hacen siempre el mismo camino? ¿Cómo se orientan? ¿Vuelven todos? Los interrogantes se suceden y las

respuestas deben sortear numerosos desafíos ya que se debe seguir al objeto de estudio a metros de altura y por miles de kilómetros de extensión. “Uno de los problemas que se plantea es la logística para estudiar este tipo de especies. Igualmente, en los últimos años ha habido desarrollo de tecnología y metodología que nos han permitido conocer un poco más sobre la ecología y su biología”, remarca José Hernán Sarasola, del Centro para el Estudio y Conservación de las Aves Rapaces en Argentina (CECARA) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa.

Datos al vuelo

Hace tiempo que lo están esperando en la Patagonia. ¡Al fin regresaron! Uno de ellos está en la mira porque carga una mochila de medio gramo de peso con tonelada de información. Atrapar con una red a este individuo de 16 gramos de peso es la primera opción. Si esta estrategia falla, los científicos le tenderán la trampa de “la momia”. Se trata de un modelo hecho a su imagen y semejanza pero de porcelana fría, que no está solo. Cuenta con un grabador que emite sus vocalizaciones o cantos de defensa e intenta hacerle creer que hay un intruso



Fiofio silbón con los anillos de colores que permiten identificarlos en el campo

en su territorio. Al pretender desalojarlo, el incauto debería caer capturado. Si este plan B también sucumbe, queda esperar a que forme su nido, críe a su familia y, en un descuido, apresarlo sin dañarlo, para quitarle el tesoro: el geolocalizador, un dispositivo que guarda datos clave del viaje migratorio, en este caso, del fiofio silbón.

“Me dio miedo que el ave se me escapara durante el proceso de sacar el geolocalizador, algo que puede suceder, o bien que el dispositivo se cayera al pasto cuando lo quitaba, y no encontrarlo”, relata Cueto sobre la primera vez que logró recuperar el aparato de 2,5 centímetros colocado en un fiofio silbón en Esquel. “Si bien en ese momento estaba muy entusiasmado –agrega–, la parte más eufórica fue en la oficina cuando conectamos el geolocalizador a la computadora y vimos que tenía registros almacenados porque muchas veces al ser instrumentos tan pequeños fallan y no graban”.

Un programa procesó los datos que el ave había cargado sobre sus espaldas y permitió generar un mapa por donde el animal había estado. “Comprobar que había migrado desde Esquel hasta la zona de Espíritu Santo, en Brasil,

fue un momento inolvidable y bien valió los días que pasamos en el campo. Por supuesto, a la noche hubo brindis y muchos mensajes entre quienes compartimos la pasión por conocer algo de la biología de las aves”, confiesa Cueto.

Este aparato fue el primero de los siete que, hasta el momento, los científicos lograron recuperar en Esquel. En total, ellos habían colocado estos dispositivos a 35 aves que durante la primavera-verano viven en los bosques patagónicos donde hacen sus nidos y se reproducen. En otoño viajan cinco mil kilómetros para pasar el invierno en el norte de Brasil. “Los datos son almacenados en una memoria permanente cuya retención dura más de veinte años. Por lo tanto, esperamos en el futuro recuperar algunos más”, señala Cueto, quien junto a su equipo aguardará divisar aves con un anillado particular de colores en su pata. Se trata de la señal colocada en el animal para advertir de que carga con un geolocalizador.

Estos minúsculos dispositivos “tienen el potencial de revolucionar nuestra comprensión de cómo las aves migran y las amenazas que enfrentan en el cambiante paisaje de América del Sur”, habían señalado Cueto y Tuero, entre

otros, en la revista *The Auk*, de la Unión Americana de Ornitólogos, en 2013. Y los datos obtenidos les dan la razón al tirar por la borda creencias equivocadas. “Antes de nuestros trabajos se consideraba que las aves migratorias de América del Sur era un sistema formado por especies que realizaban migraciones de corta distancia”, relata Cueto, y enseguida remarca que sus estudios en tijeretas y fiofios silbadores “demostraron que las aves realizan migraciones de muy larga distancia (en algunos casos de más de 5000 kilómetros), similares a las que realizan especies de Norteamérica o Europa”.

Tijeretas a la vista

Bien conocida en la llanura pampeana por su larga cola que duplica en largo a su cuerpo, la tijereta suele posarse en ramas y alambrados durante la primavera y parte del verano. A fines de febrero ya pasó el período reproductivo, y los extenuantes doce días en que le dieron de comer a los pichones literalmente cada ocho minutos. Al fin, las crías están listas y es hora de prepararse para un largo viaje. En plena ansiedad migratoria, las hormonas se disparan, los animales están inquietos y comen más. “Algunas especies –detalla



Izquierda: Victor Cueto con un ejemplar de fiofio con el identificador blanco-azul, en el momento de su primera captura. Derecha. Un ejemplar con un geolocalizador en su lomo.

Tuero— pueden incrementar su peso hasta un ciento por ciento. Metabolizan el alimento más rápido y lo guardan como grasa”.

Es tiempo de volver a casa, a pasar el invierno. Seis de ellas cargarán con geolocalizadores, que “tienen —indica Tuero— un sensor para medir la intensidad de luz. Con un programa de computación especial de acuerdo con la duración del día según la época del año se puede saber en qué sitio estuvo”. Los cálculos se realizarán a su regreso cuando se logre atrapar a las aves que lleven en sus espaldas estos diminutos artefactos, que no deben superar el 3% del peso de la tijereta. Como estas aves passeriformes, más conocidas como pajaritos, son muy livianas, no se les puede cargar con un aparato de posicionamiento global (GPS), que hace un seguimiento en tiempo real y totalmente preciso. Estos dispositivos más pesados se pueden usar en aves de mayor tamaño como las rapaces.

Mientras se aguarda a que se desarrollen GPSs ultralivianos, los geolocalizadores aportan lo suyo. “A partir de estos aparatitos sabemos que las tijeretas atraviesan el Amazonas, van por Bolivia y llegan a los llanos de Colombia y Venezuela”, precisa Tuero.

Acumuladoras de millas, pueden volar unos 66 kilómetros por día, durante unas 7 a 12 semanas, y recorrer más de 4100 kilómetros. ¿Cómo se orientan? “Las aves pueden ver la luz polarizada, en distintas longitudes de onda. Algunos proponen que pueden guiarse por el ultrasonido del viento al chocar sobre los bordes de la montaña. Lo más aceptado es que se orientan por la posición del sol y las estrellas y el geomagnetismo terrestre”, dice Tuero, quien resalta la existencia de bandadas juveniles que nunca antes habían migrado y logran hacer solas la ruta migratoria. “Aquí hay un patrón genético que explica la migración. Pero hay especies que pueden pasar de ser migradoras a residentes (no migrar) en pocos años y ahí no hay genética que lo explique”, subraya el científico desde el Departamento de Ecología, Genética y Evolución, en Ciudad Universitaria.

Otra cuestión que trae cola es justamente su cuerpo, que no la ayuda mucho a la hora de volar lejos. “Es llamativa su larga cola, que le podría generar altos costos aerodinámicos para migrar. Debe invertir más energía en moverse”, indica Tuero, que justamente estudia en detalle este tema.

Tanto en las tijeretas como en todas las aves migratorias, el gasto energético que realizan en su periplo es tremendamente alto. “De hecho, es uno de los eventos más costosos que tienen estos organismos. La supervivencia promedio ronda un 30%”, indica Tuero. En otras palabras, para la gran mayoría resulta un viaje de ida, entonces por qué lo hacen. “Uno debería pensar —responde Tuero— qué sucedería si se quedan, tal vez no se reproducirían o su reproducción mermaría mucho. En definitiva, no migrar sería más costoso”, responde.

Nubes de aguiluchos

Exhaustos, extenuados, los aguiluchos langosteros arriban cada año a la llanura pampeana argentina desde el lejano oeste de América del Norte, tras volar unos diez mil kilómetros en algo más de cincuenta días. “Llegaban con tal cansancio al campo bonaerense que prácticamente se los podía agarrar con la mano”, relatan viejos naturalistas sobre estas aves rapaces, que en Estados Unidos y Canadá viven en pareja, aisladas unas de las otras, pero cuando llega el momento de migrar todo cambia.



*Izquierda: Los aguiluchos langosteros arriban cada año a la llanura pampeana argentina desde el lejano oeste de América del Norte, tras volar unos diez mil kilómetros en algo más de cincuenta días.
Derecha: "A partir de estos aparatitos sabemos que las tijeretas atraviesan el Amazonas, van por Bolivia y llegan a los llanos de Colombia y Venezuela", relata Diego Tuero.*

“En la previa a la migración –marca Sarasola–, los individuos se congregan, van perdiendo el comportamiento territorial y se forman bandadas cada vez más grandes. Salen en dirección al sur, a través de Centroamérica, por donde se ha contabilizado que pasan varias decenas de miles por día. Son nubes. Los aguiluchos tienden a viajar sobre el continente, es raro que lo hagan sobre el agua”.

Su vuelo es parecido al del buitre y al que los humanos recrean con un parapente. “Usan una técnica de planear en corrientes térmicas que los elevan verticalmente, luego las aves se dejan caer y descienden hasta que vuelven a encontrar otra corriente de aire ascendente. Esta es la forma más económica desde el punto de vista energético para hacer un viaje tan extenso”, explica Sarasola.

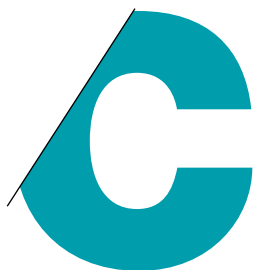
Cadáveres y cadáveres dispersados por los campos argentinos en la década del 90 encendieron la luz de alarma. En ese momento, investigadores estadounidenses y argentinos registraron más de 5000 aguiluchos envenenados por un tóxico o por alimentarse de langostas tratadas con insecticidas. Se trataba de un

producto organofosforado, de nombre comercial Monocrotophos. “A raíz de las mortandades y del hecho de que se trataba de una especie migratoria, en la cual tenían intereses otros países con gran peso como Canadá y Estados Unidos, el producto ha sido eliminado del mercado en muchos países del mundo”, relata Sarasola, y enseguida agrega: “En la Argentina, en 1998 se prohibió su uso, y desde entonces no se han registrado más casos. Fue un logro muy grande. Las instituciones e investigadores que participaron tuvieron reconocimiento internacional porque en muy poco tiempo se pudo detener en la Argentina un proceso que iba a poner en riesgo las poblaciones de esta especie”.

¿Esta mortandad masiva afectaba a todos por igual o alguna población en particular? ¿Estos miles de individuos sobre los campos arados pampeanos provenían todos de Idaho en Estados Unidos o de Saskatchewan en Canadá? “Se lanzaba como hipótesis que los aguiluchos mientras viajaban se segregaban, es decir mantenían su grupo según su lugar de cría. El estudio con isótopos estables permitió responder estas preguntas”, precisa Sarasola.

Las plumas de las aves guardan su marca de origen: ciertas particularidades que permiten descifrar de qué región del planeta provienen. “A partir del análisis de isótopos, uno puede saber dónde creció el individuo”, indica. En el caso de los aguiluchos, el estudio demostró que en nuestro país se mezclan y no se agrupan por sus lugares de cría. “Por lo tanto, la mortandad registrada en el hemisferio sur no iba a afectar a una sola población en el hemisferio norte, sino que sus efectos se diluirían entre todas. Y eso fue lo que pasó”, comprobó Sarasola.

Otra de las viajeras incansables es muy famosa, y esperada con fiestas populares, bombos y platillos; además de tener refranes y canciones con su nombre. Tampoco escapa al estudio de los científicos, como el profesor David Winkler, de la Universidad de Cornell, que dirige el proyecto “Golondrinas de las Américas” (<http://golondrinas.cornell.edu>). Ellos, como otros investigadores de aves migratorias, no pierden de vista su objetivo, pero también voluntarios o aficionados pueden sumarse a través de distintas organizaciones internacionales y locales a disfrutar de sus observaciones. Se trata de elevar la mirada alto, bien en alto; descubrir un mundo; y echarse a volar sin despegar los pies de la tierra. ▀



CIENCIA
APLICADA

Música y ciencia

Armonías y teoremas

La música está mucho más emparentada con la ciencia de lo que parece. Términos musicales como altura, timbre e intensidad pueden explicarse gracias a los conceptos de la física. Y las proporciones que marcan los intervalos entre las notas tienen su fundamento en la matemática. Además, los modelos matemáticos pueden aplicarse para indagar cómo evolucionan los estilos musicales, entre otros aspectos.

Susana Gallardo / sgallardo@de.fcen.uba.ar

¿Qué tienen que ver las emociones con las fórmulas y los teoremas? Aunque no lo parezca, la música y la ciencia están relacionadas. De hecho, en la Edad Media, la música, junto con la aritmética, la geometría y la astronomía, formaba parte del *Quadrivium* (cuatro vías o caminos del saber). Es que las escalas, los acordes y los tonos se basan en proporciones matemáticas. Además, la música es sonido, y éste no es otra cosa que la oscilación del aire; por ello, para explicar cómo se produce, es necesario recurrir a la física.

La física de la música

“El sonido es la ruptura del equilibrio del aire, cuyas partículas se comportan como las piezas del dominó: se mueve una, ésta mueve a la vecina y así sucesivamente se va propagando el sonido”, explica el doctor Ricardo Depine,

profesor en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA.

Lo mismo sucede, por ejemplo, con las cuerdas de una guitarra que, al ser pulsadas, producen una oscilación. Al respecto, “hay que considerar la frecuencia de la oscilación, es decir, la cantidad de veces por segundo que esa cuerda va y viene, o pasa por la posición de equilibrio”, agrega Depine.

No cualquier perturbación del aire puede ser percibida por el oído humano. La frecuencia más baja que podemos distinguir es alrededor de 16 hertz (oscilaciones por segundo). La más alta es de aproximadamente 20 mil hertz. Cuanto más baja sea la frecuencia, más grave es el sonido, y viceversa. Cada nota musical posee una determinada frecuencia, por ejemplo, la nota *la 440*, que se usa como patrón para afinar los instrumentos, tiene una frecuencia de 440

hertz. La frecuencia es lo que en música se conoce como altura.

Más grande igual más grave

En los instrumentos de cuerda, la diferencia de altura depende de la tensión a la que está sometida la cuerda, su grosor y, en especial, su longitud. Cuanto más larga sea la cuerda, más grave es el sonido. Así, un contrabajo genera notas más graves que una guitarra, y el ukelele, más agudas. Pero en cada uno de estos instrumentos, la altura de la nota depende del lugar del diapason donde se apriete la cuerda, que es la forma de acortar su extensión.

La relación entre la longitud del objeto vibrante y la altura de las notas se da en cualquier tipo de objeto. Por ejemplo, la extensión del tubo por donde circula el aire en los instrumentos de viento produce diferentes notas. En un flautín, los



sonidos son agudos, y en un trombón, más graves.

Lo que hace que una misma nota, con la misma intensidad, sea percibida de manera diferente según el instrumento que la produzca es lo que musicalmente se conoce como timbre, y en física se designa como contenido armónico: es la forma en que oscilan las partículas de aire. Los instrumentos de cuerda frotada (violín, violoncelo, contrabajo, entre otros) producen timbres muy similares entre sí, que se distinguen, por ejemplo, de la trompeta o el saxo.

“El armónico se refiere a los modos normales de vibración. Las cuerdas pueden vibrar en el modo fundamental: la cuerda sube, pasa por el equilibrio, baja. Pero también pueden vibrar –al mismo tiempo– de otros modos, el timbre es la superposición de los diferentes modos”, explica Depine.

La intensidad se refiere a cuán fuerte o débil es un sonido, y en física se corresponde con la amplitud de la oscilación, que se mide en decibeles. Por ejemplo, al pulsar una cuerda, cuánto más se aparta ésta del equilibrio, mayor es la intensidad, aunque la frecuencia sigue siendo la misma. En la partitura se indica con los términos *pianissimo*, para el volumen más bajo, o *fortissimo*, para el más alto.

Escalas y proporciones

Al igual que la física, la matemática también tiene mucho para decir sobre la música. De hecho, como señala el matemático Pablo Amster en su libro *¡Matemática, maestro!*, la música tiene un gran nivel de abstracción, hace uso de un lenguaje simbólico y un sistema de notación similar a algunos de los que emplean las ciencias formales.

“La matemática aparece en distintos aspectos de la música, como la

escala musical, o la teoría de la armonía. Y hay compositores que usan elementos matemáticos para sus obras”, afirma Amster, que es profesor en el Departamento de Matemática de Exactas-UBA, y también es músico.

En la música occidental, los sonidos musicales se basan en un abanico de doce notas, de diferente altura que se ordenan de la más grave (*do*) a la más aguda (*si*). Los nombres de las notas se deben a un monje benedictino del siglo XI, Guido d’Arezzo, que utilizó un acróstico, es decir tomó la primera sílaba de cada verso de un poema en latín.

La escala musical se construye a partir de ciertas proporciones existentes entre las frecuencias de las notas. Esta idea fue planteada por Pitágoras, en el siglo VI antes de Cristo. Se cuenta que, al pasar por el taller de un herrero, el sabio percibió que el golpe en el yunque con diferentes martillos generaba sonidos



Kevin Dooley

que se combinaban entre sí en forma armoniosa. Intrigado, diseñó experimentos para estudiar los fundamentos matemáticos de la música. Por ejemplo, tensó algunas cuerdas con diferentes pesos en sus extremos y estableció la relación entre la tensión de la cuerda y la producción del sonido. También trabajó con cuerdas de distinta longitud y observó que si una cuerda que suena como *do* es cortada por la mitad, ésta produce un *do* más agudo (lo que los músicos llaman: una octava más aguda).

Así, Pitágoras halló que se podía superponer el sonido de una cuerda con el sonido que producía otra igual con la mitad de su longitud, y se obtenían sonidos consonantes (o sea, agradables al oído). También postuló que las distancias entre los cuerpos celestes se disponían según las relaciones de la armonía musical, y que su movimiento producía una música que los seres humanos no podíamos oír.

En la actualidad, las notas musicales no se definen por la longitud del objeto vibrante, sino por la frecuencia de la onda sonora emitida por el objeto. “Cuando se superponen distintos sonidos, éstos suenan bien si la relación entre las frecuencias se expresa mediante fracciones de números enteros y pequeños,

por ejemplo, una es el doble de la otra, o el triple”, afirma el doctor Ricardo Durán, profesor en el Departamento de Matemática de Exactas-UBA.

Y agrega: “En un piano, por ejemplo, muchas teclas producen la nota *do*, empezando por la que se encuentra más a la izquierda, el segundo *do* tiene el doble de frecuencia, y el tercero, el doble que el segundo, y así sucesivamente”. Pero, si se tocan simultáneamente la tecla del *do* y la que está justo al lado (la del *do sostenido*), no suena bien, pues la diferencia entre ambas es una fracción con numerador y denominador grandes. Durán ejemplifica: “La proporción entre las frecuencias de *do sostenido* y *do* es 2187/2048, y no se puede simplificar o sea que no se puede escribir como fracción de números chicos”. Otro ejemplo de sonoridad agradable es si se tocan simultáneamente un *do* y un *sol*, y la relación entre sus frecuencias es 3/2.

Las distancias entre las notas en la escala se miden en “intervalos”. El que separa el primer *do* del siguiente *do* se denomina “octava”. Los intervalos intermedios se establecen de acuerdo con su distancia respecto de la nota inicial. En resumen, la octava se divide en doce partes o semitonos: las siete notas

más cinco sostenidos o bemoles. Es la escala dodecafónica.

Para construir la escala partiendo de la frecuencia de una nota, hay que decidir las frecuencias de las notas intermedias entre dos octavas sucesivas (por ejemplo entre el *la* 440 y el *la* siguiente, 880). No es sencillo ni hay una única manera, por lo tanto existen varios tipos de escalas. En la actualidad se utiliza la llamada escala temperada, creada por Johann Sebastian Bach en el siglo XVIII, en la que los intervalos entre notas son audiblemente casi idénticos sea cual sea el par de octavas que consideremos. La escala temperada resuelve adecuadamente el problema de trasladar obras entre registros más graves o más agudos: en cualquiera que se ejecute sonará la misma obra.

Matemática, música y sabores

La matemática puede dilucidar aspectos desconocidos de la música. Por ejemplo, su relación con el sentido del gusto, que ya fue advertida hace algunos siglos. En 1558, el compositor italiano Gioseffo Zarlino describía ciertas consonancias como “dulces” o “suaves”. Asimismo, en el siglo XIX, el francés Hector Berlioz habló de la “pequeña voz ácida” del oboe. Para comprobar si esas asociaciones tenían alcance general, el matemático Bruno Mesz, investigador del Laboratorio de Acústica y Percepción Sonora, de la Universidad Nacional de Quilmes, junto con los físicos Mariano Sigman, investigador en la Universidad Torcuato Di Tella, y Marcos Trevisan, de Exactas-UBA, realizaron una serie de experimentos.

“Investigamos la relación entre la percepción de la música y los sabores”, explica Bruno Mesz. Convocaron a nueve músicos y les solicitaron que produjeran una secuencia de acordes a partir de la asociación libre con los cuatro nombres básicos de los sabores: amargo, salado, dulce y ácido. Se realizaron 24 improvisaciones en un teclado MIDI, que permite registrar cada movimiento. Luego se analizó si había coincidencias significativas entre las melodías y las palabras.

Sonidos de buena madera

Para producir sonidos armónicos resultan clave las propiedades físicas de los materiales. Al construir una guitarra, un luter debe buscar maderas apropiadas para lograr los sonidos esperados.

“Una guitarra de buena calidad puede hacerse con jacarandá en los aros y el fondo; la tapa, con abeto y el diapasón, de ébano”, explica el luter Rafael Andrés, también excelente carpintero en Exactas-UBA.

Según explica, “la tapa debe ser rígida desde la boca hacia el diapasón, y desde la boca hacia el otro lado debe poder vibrar y eso se logra dándole distintos espesores, por ejemplo, 1,9 mm en los bordes y 2,1 mm en el centro”. La caja de la guitarra funciona como un bombo, al pulsar las cuerdas, vibran la madera y el aire en su interior.

“En la cara interna de la tapa se colocan espinetas, varillas de madera que se tallan de acuerdo al sonido que se quiera lograr”, acota.

El agregado de carbono y resina epoxi le dan mayor rigidez a la tapa. “Ahora se usa una estructura, desarrollada por el luter australiano Greg Smallman, reforzada con un entramado en madera balsa, en forma de rombos, que le da rigidez y es muy liviana”.

El mástil de la guitarra tiene que soportar la fuerza de unos 40 kilogramos que ejercen las cuerdas al estar en tensión. En el diapasón, se insertan los trastes, tiras de metal incrustadas que diferencian los semitonos, e indican dónde apretar la cuerda para obtener las notas.

Para colocar los trastes, según explica Andrés, se necesita hacer cálculos precisos: “Se considera la escala *temperada*, que divide la distancia entre una nota y su octava en 12 semitonos iguales. Para dividir el largo de la cuerda, se utiliza un factor constante, que es la doceava raíz de 2. El número obtenido se resta al tiro de cuerda, y ese resultado es la distancia desde la cejilla al primer traste, y así hasta completar los veinte trastes”, explica el luter.

Diana Martínez Liaseer



En un segundo experimento, las improvisaciones fueron escuchadas por un grupo de 50 personas, que asociaron cada melodía con alguno de los cuatro sabores”, comenta Mesz.

En total se consideraron nueve dimensiones: consonancia, articulación, intensidad, velocidad, frecuencia, entre otras, y todas eran registradas por el teclado MIDI. El sabor salado se asoció con los sonidos que aparecían más fragmentados, con una melodía discontinua. El ácido, con melodías rápidas y sonidos muy agudos. El amargo: lento, grave y ligeramente disonante. El dulce: armonías consonantes, lentas y suaves.

Los modelos matemáticos también pueden aplicarse para estudiar la evolución de los géneros musicales. Se trata de otro de los objetivos que se planteó Mesz, junto con los matemáticos Pablo Amster, Pablo Pinasco y Pablo Rodríguez Zivic.

“Quisimos ver la influencia mutua de los músicos que, en principio, tienen estilos musicales distintos”, detalla Mesz. Es un modelo abstracto y muy simplificado, que no se alimenta de datos concretos. En él interactúan diversos agentes (los músicos), cada uno con un estilo

diferente. A su vez, cada estilo se caracteriza por un rasgo musical, como la frecuencia de determinados acordes. Con el tiempo, los agentes modifican ligeramente sus valores, por nuevas influencias o exploraciones individuales, entre otros motivos.

“Una hipótesis es que, para interactuar, los agentes tienen que estar cerca, es decir, la diferencia entre sus estilos debería estar por debajo de un valor umbral”, indica Mesz. Esta idea da cuenta de que solo aquellos rasgos similares entre la música africana y la europea formaron parte de los procesos de hibridización que dieron origen a géneros como el jazz o el tango.

Por su parte, Pablo Amster comenta: “El tango se forma porque se combinaron elementos de distintas tradiciones, y cambió su carácter cuando se incorporó el bandoneón. Antes era rápido y se tocaba con flauta y violín, y el bandoneón lo transformó en lento y melancólico”.

La física y la matemática han permitido explicar aspectos fundamentales de la música. Pero quedan aún muchas preguntas que la biología seguramente podrá estudiar, como las claves de la percepción y la sensibilidad musical. ▀

Últimas noticias de la **oscuridad**

“Vivo entre formas luminosas y vagas que no son aún la tiniebla”, decía Borges en el poema *Elogio de la sombra*. Quizás podría decirse que muchos astrofísicos modernos también viven así. La fantasmagórica materia oscura y la más que evidente energía oscura, los desvela. En la nota, ¿qué cosas sabemos hoy de estas oscuridades cosmológicas? ¿Sabemos?

Guillermo Mattei / gmattei@df.uba.ar

En el siglo XIX, los astrónomos adjudicaron la desviación en la órbita observada de Urano a la influencia gravitatoria de una entidad invisible, desconocida y ubicada más lejos que ese planeta del sistema solar. Más tarde, mejores telescopios mediante, esa entidad resultó ser el planeta Neptuno. Hoy, de la observación precisa de los movimientos de estrellas y galaxias, los astrónomos deducen la presencia predominante en el Universo todo de alguna entidad invisible que no emite luz, ni calor infrarrojo, ni ondas de radio, ni ningún tipo de radiación; sino que sólo ejerce influencia gravitatoria sobre aquellas. Pero, a diferencia de Neptuno, esa entidad aún hoy no está identificada; para los astrónomos es, simplemente, *materia oscura*.

Desde 1998 los astrónomos saben muy bien, midiendo ciertas características de las explosiones de estrellas supernovas lejanas, que el universo se expande aceleradamente. La gravedad, que

podría volver a reconcentrar en un futuro lejano a toda la materia, hoy está perdiendo —en los confines del universo— una pulseada frente a un contrincante desconocido: *la energía oscura*.

El empuje invisible

Los planetas del sistema solar sienten una gran fuerza gravitatoria que el Sol ejerce sobre ellos. Sin embargo, esta fuerza está balanceada por el movimiento orbital que evita la caída directa en beneficio de la armoniosa estabilidad de la traslación. De manera similar, en una galaxia como la Vía Láctea, con billones de estrellas, existe un equilibrio entre la gravedad, que tiende a colapsar todo, y los efectos del movimiento que tienden a dispersarlas si la gravedad no existiera. La boledora giraba mientras el aonikenk sujetaba la cuerda pero, cuando la soltaba, la piedra se disparaba en la dirección de la última velocidad orbital directo a la presa. Si los astrónomos sospechan que hay una materia oscura es porque los movimientos son

sorprendentemente rápidos para estar equilibrados sólo por la gravedad de las estrellas y el gas interestelar que observan.

Hoy los científicos conocen tanto la velocidad con la que el Sol orbita el centro de la Vía Láctea como la de otras estrellas en galaxias externas. Sobre todo conocen que las velocidades de las estrellas más exteriores, las que giran por fuera de todo el enjambre, son ridículamente altas. Estas estrellas no podrían mantenerse en órbitas estables, considerando sólo los tirones gravitatorios de la masa observada. Si Plutón, en lugar de moverse a una velocidad orbital de cinco kilómetros cada segundo se moviera, como la Tierra, a casi treinta y permaneciera en órbita, los astrónomos deberían suponer que existe una capa invisible de una gran masa exterior a la órbita de la Tierra pero interior a la de Plutón.

Si las galaxias no albergaran una gran cantidad de materia oscura, como una argamasa invisible, no serían estables



Según los científicos, si las galaxias no albergaran una gran cantidad de materia oscura, como una argamasa invisible, no serían estables y se desmembrarían.

y se desmembrarían. De hecho, las galaxias lucen diez veces más pesadas de lo que los astrónomos pueden estimar con los conocimientos actuales.

Un aspecto no menor en esta historia es la hipótesis, que los astrónomos todavía no están dispuestos a abandonar, de que las leyes de la gravitación tienen un alcance que excede al sistema solar y valen de la misma manera en cada rincón del universo. Sin embargo, hay evidencias de que, a escalas de todo el universo, la gravedad está superada por otra fuerza que repele la materia en lugar de atraerla. Luego, tarde o temprano, la posibilidad de cuestionar la validez del concepto de gravedad sobrevuela a todo astrónomo que se precie.

Toda materia con propiedades gravitatorias, tanto la conocida como la oscura, desvía los rayos de luz, tal como lo predijera Einstein y midiera Arthur Eddington en 1919 durante un eclipse de Sol. Con esta propiedad física, los grandes cúmulos de galaxias pueden actuar, para la luz, como una gran lente distorsionadora. Es así como los astrónomos deducen que, para ciertas distorsiones, no es suficiente la masa visible del cúmulo sino una masa diez veces superior.

Los oscuros sospechosos de siempre

El polvo cósmico, las enanas marrones, los planetas fríos, el hidrógeno congelado o los agujeros negros sólo podrían ser una parte de la materia oscura pero los astrónomos conjeturan que el resto no se trata de átomos ordinarios. Por consideraciones de la abundancia relativa de hidrógeno y deuterio en el universo actual y su génesis en el Big Bang, esa materia desconocida es inerte frente a las reacciones nucleares. Los neutrinos, que atraviesan la materia sin perturbarse, podrían ser una opción posible para satisfacer esta condición si tuvieran la masa adecuada, cosa que no se ha dilucidado aún. El Big Bang pudo haber dado lugar a otras partículas similares al neutrino pero, si predominaran, deberían ser detectadas en la dinámica galáctica. Probablemente la materia oscura esté formada por un cóctel no detectado de entidades. Otra posibilidad es que la materia oscura esté formada por partículas, no solo no detectadas, sino *exóticas*; es decir, de naturaleza absolutamente desconocida para el hombre. El rango de valores de las masas de los candidatos a materia oscura va desde una que resulta de dividir un gramo por un uno acompañado de treinta y

tres ceros, como la del neutrino, hasta otra que resulta de multiplicar un gramo por un uno con treinta y nueve ceros, como la de los agujeros negros.

En su libro *Seis números nada más*, el astrofísico británico Martin Rees, uno de los mejores científicos-divulgadores de la actualidad, decía sobre la materia oscura en 2001: “Yo estoy convencido que de que si estuviera escribiendo esto dentro de cinco años, podría decir de qué está compuesta la materia oscura”. No Martin, los físicos hoy, en 2015, siguen escrutando al neutrino, tratando de entender la física de altas energías y densidades, investigando los orígenes de partículas que pudieron haber acompañado el Big Bang y la génesis y evolución de las galaxias. Bajo tierra, en el LHC, con telescopios —tanto terrestres como orbitales—, sondas, supercomputadoras y mucha teoría, la búsqueda de respuestas a tanta oscuridad no cesa.

La quintaesencia

Por su parte, los especialistas califican a la enigmática repulsión generalizada que se observa a escala cosmológica, incluso en el vacío y a pesar de la masa total de la desconocida materia oscura,



ESA/Herschel/PACS/SPIRE/J. Fritz, U. Gent, X-ray:
ESA/XMM Newton/EPIC/W. Piersch, MPE

con los sugerentes nombres de *energía oscura* o *quintaesencia*.

Las mediciones del brillo de las explosiones de estrellas supernovas lejanas son su principal evidencia. Si bien esta evaluación observacional tiene puntos discutibles, el conocimiento que los astrónomos extraen del Fondo Cósmico de Radiación (FCR) también ratifica: el Universo se expande aceleradamente. A grandes escalas cosmológicas, la densidad es tan baja que la gravedad no predomina y esta misteriosa fuerza quintaesencial es la que comanda la expansión. El por qué este balance tan particular entre gravedad y repulsión garantiza la presencia actual de estructuras en el cosmos –y de la vida humana en la Tierra– mientras cualquier otro balance implicaría un universo radicalmente diferente, es la pregunta del millón.

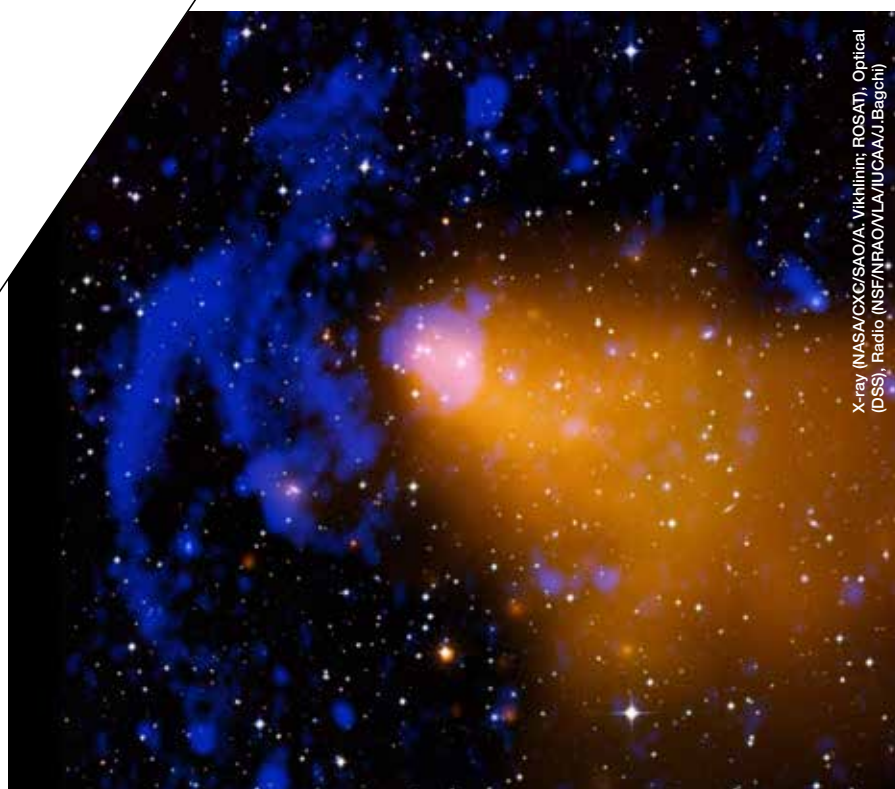
De todas maneras, lo que los astrónomos observan hoy se puede sintetizar con palabras de Martin Rees: “nuestro espacio extragaláctico se irá vaciando de manera exponencial al avanzar la eternidad”.

La oscuridad hoy

Susana Landau es astrofísica del departamento de Física de Exactas-UBA y especialista, entre otros temas astrofísicos, en oscuras materias y energías. “Tanto la materia como la energía oscura son postulados *ad hoc* que debemos agregar a la teoría de la Relatividad General junto a la hipótesis que, a grandísimas distancias, el espacio es homogéneo y con direcciones equivalentes cualesquiera sean éstas en las que miremos. O sea, el modelo cosmológico estándar actual. Sin embargo, para explicar los efectos atribuidos a ambas entidades existen alternativas a estas postulaciones que son las denominadas *teorías de gravedad modificada*. Correcciones a la relatividad general, y en consecuencia a la mecánica newtoniana, que prescinden de la materia o de la energía oscuras o de ambas”, explica Landau. El desafío de este tipo de modelos alternativos es modificar la gravedad a escalas de cúmulos de galaxias y mayores para explicar la aceleración de la expansión del Universo, pero manteniendo una descripción newtoniana a nivel del Sistema Solar.

Entre las distintas propuestas alternativas, algunas prescinden solamente de la materia oscura, tal como como la llamada MOND (por sus siglas en inglés Modified Newtonian Dynamics) que data de 1981. En 2004, el famoso astrofísico Jacob Bekenstein propuso una versión relativista de MOND, denominada TeVeS (por sus siglas en inglés Tensor–vector–scalar gravity). “El problema de estas teorías es que no pueden dar cuenta de las características observadas por los llamados censos de galaxias, como por ejemplo el Sloan Digital Sky Survey (SDSS), de las estructuras a grandes escalas cosmológicas.”, aclara Landau. Otra propuesta alternativa más reciente –data de 2005– que prescinde de la energía oscura además puede explicar los datos del FCR pero aún no se ha confrontado con los datos obtenidos en censos de galaxias. En resumen, este tipo de teorías son eficientes en la corta escala para explicar las curvas de rotación de las galaxias pero no se ha podido confirmar su eficacia en las grandes distancias. Otra familia de teorías de gravitación alternativas a la Relatividad General, que no necesitan ni materia ni energía oscura, llamadas $f(R)$ (*efe de erre* en la jerga), pueden explicar los fenómenos a grandes escalas si bien tienen problemas con los tests que se realizan en el sistema solar.

“Para poder entender de qué se trata la energía oscura hay que pensar en lo que nosotros, las y los físicos, llamamos *ecuación de estado*”, propone Landau, y amplía: “si comprimimos con un pistón un gas de materia común encerrado en un recipiente, éste nos ofrecerá una resistencia o fuerza contraria a la compresión de acuerdo a una relación entre las magnitudes termodinámicas involucradas o ecuación de estado. Pero, si lo llenamos con energía oscura sabemos que el pistón será chupado o, más técnicamente, algo así como que la energía oscura tiene presión negativa”. ¿Qué nuevas partículas puede haber involucradas en esta curiosa interacción? Landau detalla: “los físicos de partículas trabajan mucho proponiendo candidatas a partir de experimentos y observaciones con el objetivo de precisar esta ecuación de estado”. Es más, una de las propuestas es que la



ecuación de estado no sea fija sino variable con la evolución del universo. Son teorías de muy reciente producción que funcionan bien, complejos testeos computacionales mediante, salvo en las escalas solares.

Uno de los pilares del análisis de la energía oscura son las medidas del brillo de las denominadas estrellas supernovas a *alto corrimiento al rojo* –alejadas y aceleradas–, medida ésta que se calibra con las de bajo corrimiento al rojo –cercanas y menos aceleradas–. “Lo que no ha sido suficientemente difundido en los medios es que los equipos merecedores del premio Nobel 2006 pudieron obtener los resultados sorprendentes por los que fueron premiados en gran parte gracias a los datos obtenidos previamente de supernovas cercanas. Nunca lo hubieran logrado sin la calibración proveniente del equipo que midió las segundas”. El primer equipo era del hemisferio norte y el segundo de un observatorio de Chile: quizás ahí esté la razón de la miopía del comité Nobel.

“En mi grupo de investigación trabajamos con dos familias de modelos alternativos al modelo cosmológico estándar

y los testeamos con datos actuales del FCR. Por un lado, estudiamos modelos que describen los primeros microsegundos del universo inflacionario, donde la expansión –al igual que en la actualidad– está acelerada. Por otro lado, abordamos modelos cosmológicos alternativos basados en suponer que la energía oscura es la explicación para la expansión acelerada actual del universo”, detalla Landau.

Inventario cósmico

Si de censar hablamos, por ejemplo, setenta mil fueron las galaxias analizadas en 2010 por especialistas de la Universidad de California en Berkeley, de la Universidad de Zurich y de la Universidad de Princeton, para demostrar que el universo, al menos hasta una distancia de tres mil quinientos millones de años luz de la Tierra, es coherente con la Relatividad General de Einstein. O sea, el bando de los que no van por la senda de modificar la relatividad general. Calculando el arrancamiento de esas galaxias, que se despliegan a un tercio del camino al borde del universo, analizando sus velocidades y midiendo la distorsión

luminosa provocada por su material, los investigadores aseguraron que las teorías de Einstein explican mejor el universo cercano que las teorías alternativas de la gravedad.

“Lo mejor de considerar la escala cosmológica es que podemos testear cualquier teoría alternativa de la gravedad porque debe predecir las cosas que observamos”, dijo Uros Seljak, de Berkeley y agregó: “algunas teorías alternativas, es decir, que no requieren materia oscura, no pasaron la prueba en el universo temprano, de entre cinco y dos mil millones de años de edad, donde suponían que había desviaciones de la descripción que de la gravedad hace la relatividad general”. Si bien la relatividad general salió airosa en numerosas interpretaciones en la escala del sistema solar, algunos tests realizados sobre escalas galácticas comienzan a dar sus frutos: en enero de 2015, Seljak y colaboradores lograron explicar, para escalas mayores a racimos de galaxias, la distribución y evolución de la materia oscura basándose en consideraciones relativistas denominadas *fuerzas de marea gravitacionales*.

De todas maneras, si bien los tests son mecanismos muy poderosos para contrastar teorías y observaciones, no les permiten a los astrónomos develar la verdadera identidad de la materia y la energía oscuras, cosa que debería ocurrir por experimentos de detección directa.

Luces y sombras

Tanto la estrategia de postular nuevas entidades como la de modificar las teorías de gravedad tienen luces y sombras, éxitos y fracasos, complementariedades y contradicciones, coincidencias y diferencias con las observaciones; en suma: escenas con alto contenido de ciencia explícita.

“Al fin voy a recuperar la oscuridad”, decía Borges inquirido por su propia muerte. “Llego a mi centro, a mi álgebra y mi clave, a mi espejo. Pronto sabré quién soy.”, escribía en *Elogio de la sombra*. Quizás, pronto, los astrofísicos también sepan algo más de las oscuridades del universo.

Maldito gusano

Pueden ser la peor pesadilla para usuarios y organizaciones. Detrás de programas aparentemente anodinos, se esconden virus capaces de infectar la computadora, robar información mediante suplantación de identidad (*phishing*) o crear una red autómatas (*botnet*) con fines delictivos. Con el uso de las redes sociales y los teléfonos móviles, sus técnicas de propagación resultan cada vez más sofisticadas e involucran un enorme desafío para los especialistas en seguridad.

Ignacio Uman / iuman@dc.uba.ar

Todo comienza cuando recibimos un correo electrónico, en apariencia, inocente. Creemos que un amigo nos recomienda un sitio con vehemencia para ganarnos un premio, confiamos en su contenido y lo abrimos. En ese momento, nuestra computadora ejecuta un código muy poderoso, capaz de infectar el sistema operativo, robar información o instalar un programa para espiarnos, sin darnos tiempo para detectar el engaño.

Los virus informáticos son ni más ni menos que programas maliciosos (conocidos como *malware* en el lenguaje de la computación) que infectan a otros archivos del sistema con la intención de dañarlos. De este modo, incrustan su código malicioso en el interior del archivo "víctima", normalmente un ejecutable, que pasa a ser portador de una nueva fuente de infección. Tomando la

metáfora de los virus biológicos, los antibióticos ante este tipo de infecciones serían los programas antivirus, productos cada vez más comercializados por las empresas de seguridad informática.

Más allá de estas conocidas alimañas de la computación, existen otras amenazas como los gusanos (que a diferencia del programa malicioso no requiere de un archivo anfitrión) o troyanos (que simulan ser una aplicación inofensiva pero realizan tareas maliciosas sin el consentimiento del usuario). Ambos constituyen formas clásicas de virus dentro del campo informático.

Sin embargo, con más de 3000 millones de usuarios de Internet en todo el mundo, los virus pasaron de ser una forma de llamar la atención a una modalidad cada vez más común de estafa y hurto. Esta situación condujo a la diversificación de otros tipos de amenazas como el *adware* (para la descarga y/o

visualización de publicidad no solicitada), *spyware* (software espía que roba datos), *bots*, que permiten a un atacante controlar un conjunto de equipos de forma remota (*botnet*) o *ransomware*, un tipo de *malware* que cifra la información y solicita un pago como rescate de los archivos.

Ante el incremento en la cantidad de servicios de Internet, como el correo electrónico, redes sociales, juegos o la banca en línea, los usuarios almacenan, procesan y transmiten cada vez más información a través de sus computadoras o dispositivos inteligentes, lo que ha significado un objetivo concreto para los ciberdelincuentes, que buscan beneficiarse de algún modo, principalmente económico. Al mismo tiempo, esta vulnerabilidad puede incrementarse si se utiliza un router de conexión inalámbrica sin contraseña, convirtiéndose en presa de cualquier tipo de fraudes.



Yuri Samoilov

Amenazas a la computación móvil

En los últimos veinte años el crecimiento de los virus ha sido exponencial. Un estudio de Kaspersky Lab reveló que en 1994, cuando las computadoras caseras se fueron expandiendo, se producía un nuevo virus por hora. En 2006, se creaba un virus por minuto y en 2012 uno nuevo por segundo. Actualmente, aparecen tres virus por segundo, según datos difundidos por esa compañía en la 4° Cumbre Latinoamericana de Analistas de Seguridad.

El estudio de Kaspersky Lab también detalló que el virus troyano Chepro fue el responsable del 42% de los ataques en Argentina durante 2014. En tanto que los dispositivos USB resultaron una fuente considerable de infección en nuestro país, con un incremento del 33%. Por último, señaló que Internet sigue siendo el principal camino de infección para los dispositivos y que en el mercado móvil nacional un 98% de los ataques fue contra el sistema operativo Android.

Por su parte, ESET Latinoamérica advierte que cada día se generan alrededor de 200 mil muestras de programas maliciosos, incluyendo no sólo los programas más comunes sino aquellos que actúan a través de Internet, redes sociales y celulares.

“Ahora encontramos códigos maliciosos en sistemas operativos móviles, principalmente Android. Una cantidad importante de las campañas de propagación de virus utiliza ingeniería social para cumplir sus objetivos. Se trata de un conjunto de técnicas y métodos para engañar a los usuarios de manera que realicen algún acto que los ponga en riesgo”, señala Miguel Ángel Mendoza, especialista en seguridad de ESET Latinoamérica.

Estos programas maliciosos simulan ser aplicaciones aparentemente inofensivas, motivo que lleva a las potenciales víctimas a ejecutarlas en sus equipos y, en algunos casos, robarles información sensible mediante *phishing* o suplantación de identidad.

“Conocer estas amenazas y estar conscientes de los riesgos es básico para evitar ser víctimas del *malware* y recordar que en el ámbito de la informática, si algo suena demasiado bueno para ser cierto, es muy probable que sea malicioso”, puntualiza Mendoza. Y agrega que “contar con una solución antivirus, tanto en la computadora como en el *smartphone*, es la principal recomendación técnica para los usuarios. El principal propósito es evitar una infección a través del uso de herramientas de seguridad y la aplicación de buenas prácticas, como métodos proactivos”.

El dinero no es todo

Los especialistas coinciden en que originalmente los virus empezaron como un juego informático, que infectaba a las computadoras personales o grandes redes para atraer la atención de los medios de comunicación. En muchos casos, se trataba de fenómenos individuales y aislados, jóvenes programadores que buscaban promocionarse

“hackeando”, por ejemplo, el sistema de defensa de Estados Unidos.

Pero señalan que poco a poco fueron evolucionando hasta constituirse en grupos organizados con mayores recursos y conocimiento disponible y con objetivos que van más allá de lo comercial e incluyen desde el espionaje industrial o gubernamental hasta el robo de información confidencial o intrusión en las operaciones de una compañía.

“En este momento observamos un claro pasaje de la infancia de los virus, de tipo dañinos, a virus más pragmáticos, con organizaciones destinadas a robar información o dejar fuera de combate a una compañía. Son ataques directos a empresas con formas de ‘denial of service’, para que su página web no funcione, donde muchas veces no hay ningún tipo de prevención”, explica Hugo Scolnik, investigador y consultor en seguridad informática.

La peligrosidad y complejidad en el funcionamiento de estos programas, conlleva también a que haya diversas variantes de software malicioso. “Los virus más riesgosos son los polimórficos porque mutan la mayor parte de su código, se disfrazan de diferentes maneras, cambiando de nombre y de forma y son los más difíciles de detectar. Incluso existen virus encapsulados, donde se oculta al virus detrás de un código y los antivirus no lo encuentran fácilmente”, comenta Scolnik, quien también es profesor consulto de Exactas-UBA.

“Una categoría de virus muy molesta es la de los gusanos lógicos, programas que se reproducen accediendo a las bases de contactos de redes sociales, buscan atacar a usuarios específicos y con ese mecanismo se propagan”, relata Juan Pedro Hecht, docente y consultor en seguridad informática.

Pero también se conocen virus fabricados por servicios de inteligencia o sistemas de defensa. Entre este tipo de infecciones se encuentran las de propósitos especiales, destinadas a atacar



la infraestructura industrial, como fue el Stuxnet, que mediante un dispositivo USB retrasó al sistema nuclear de Irán.

“Claramente, existe otra categoría de *malware* producida directamente por los gobiernos. Las sospechas fundadas implican a la Agencia de Seguridad Nacional estadounidense (NSA) y sus equivalentes en Canadá, Inglaterra y países aliados. Lo que hacen estas organizaciones es generar mecanismos de ataque muy específicos para ciberespionaje y ciberdefensa, donde un gobierno puede atacar a otro”, sostiene Hecht.

Adaptarse al dinamismo

Tanto Scolnik como Hecht son docentes de Criptografía en la Maestría en Seguridad Informática de la Universidad de Buenos Aires y referentes en la temática.

Explican que las computadoras y los celulares se ven afectados por la misma clase de virus pero que los dispositivos móviles resultan cada vez más vulnerables –por ese motivo está apareciendo un sinnúmero de software destinado a celulares con funciones de bloqueo del teléfono, localización y administración remota.

En ese contexto, recomiendan utilizar gestores de contraseñas, para un acceso y almacenamiento más seguro de la información en los equipos.

Al mismo tiempo, comentan que –de acuerdo a las estadísticas actuales– en este momento los sistemas operativos más vulnerables son los de Mac OS, seguidos por Linux y Windows.

A pesar de contar con una amplia trayectoria en el tema, ambos no dejan de sorprenderse por la cantidad de novedades que surgen cada día, lo que los obliga a estar permanentemente actualizados.

“Recientemente se difundió el ataque a la empresa Hacking Team, que proveía servicios de cibervigilancia para gobiernos de todo el mundo. Una organización del tipo Anonymous divulgó quiénes habían sido los gobiernos que compraron software de espionaje y publicó el código fuente de algunos de los programas fabricados por Hacking Team”, comenta Hecht, argumentando que le llamó la atención este acontecimiento por ser una especie de “WikiLeaks” de los virus informáticos.

“Si me hubieran consultado ayer habría dicho que los virus masivos de gusano

Qué dice la legislación nacional ante los delitos informáticos

El 4 de junio de 2008, Argentina sancionó la Ley 26.388, promulgada de hecho el 24 de junio de ese año. Esta disposición modifica el Código Penal con el fin de incorporar al mismo diversos delitos informáticos, tales como distribución y tenencia con fines de distribución de pornografía infantil, violación de correo electrónico, acceso ilegítimo a sistemas informáticos, daño informático y distribución de virus, daño informático agravado e interrupción de comunicaciones.

Cualquier intrusión indebida a una comunicación electrónica, dato o sistema informático, está tipificada en el artículo 153 del Código Penal y establece la pena de 15 días a 6 meses de prisión. La pena será de hasta 1 año de prisión cuando el acceso fuese en perjuicio de un sistema o dato informático de un organismo público estatal o de un proveedor de servicios públicos o de servicios financieros. Al mismo tiempo, el artículo 157 bis contempla la pena de 1 mes a 2 años por el hackeo a un banco de datos personales o la divulgación de datos personales.

Específicamente, la modificación del artículo 173 incorpora la figura de defraudación mediante manipulación informática y el artículo 183 contempla la alteración, destrucción o inutilización de datos, documentos, programas o sistemas informáticos; o la venta, distribución, circulación indebida o introducción en un sistema informático, de cualquier programa destinado a causar daños o sabotaje, con una pena similar al artículo 157. Al mismo tiempo, el artículo 184 agrava la pena, hasta 4 años, si se cometiera el delito con daño a un programa o sistema informático público o a sistemas informáticos destinados a la prestación de servicios de salud, comunicaciones, provisión o transporte de energía, medios de transporte u otro servicio público.

Los hechos más comunes de hackeo se encuadran en la categoría de delitos como defraudaciones, estafas o abusos de confianza. La Ley 26.388 establece una simetría entre los delitos informáticos y los convencionales. Por ejemplo, el daño a un sistema informático tiene la misma pena que el daño a un bien tangible. Lo mismo en otros delitos.

A fines de 2012, se creó la primera Fiscalía Especializada en Delitos Informáticos dependiente del Ministerio Público Fiscal de la Ciudad de Buenos Aires. También ya existen otros organismos que actúan ante delitos informáticos como la División Delitos Tecnológicos de la Policía Federal Argentina o la División de Delitos Telemáticos de la Policía Metropolitana de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

En general, estas instituciones tienen una competencia acotada ya que no suelen realizar investigaciones profundas (a modo de las organizaciones estadounidenses) sino que suelen actuar en un aspecto pericial con el operativo ya en marcha, contando con limitaciones (técnicas y de recursos humanos) para responder a los requerimientos judiciales habituales.

El panorama se agrava teniendo en cuenta que algunas acciones se encuentran en un limbo legal. Por ejemplo, el robo de identidad a través de medios tecnológicos no está previsto como tipo penal. En muchos casos, las empresas que sufren ataques no los difunden por miedo a perder el prestigio. Al mismo tiempo, no se practican medidas informáticas disuasivas por parte de las empresas de seguridad informática o del Estado sino más bien defensivas.

Con la actividad típica de los hackers, no es sencillo determinar la comisión del delito. La dificultad radica en establecer dónde se cometió el mismo y quién es el damnificado. Ciertos delitos informáticos pueden ser llevados a cabo por personas de un país diferente al de las computadoras o redes que se utilizaron para perpetrar el delito e incluso afectan a usuarios que residen en diferentes países, por lo tanto requieren de colaboración internacional.

tipo *conficker* eran los últimos que había en el mundo. Pero acaba de reaparecer un ataque masivo del *Sobig.F*, que infectó a miles de computadoras en Europa a través de Internet. Hace tiempo que no se veía algo tan masivo y esto hace que los antivirus no sean infalibles”, observa Scolnik.

Con respecto al desarrollo local de las soluciones de seguridad informática e inversión en el área, la visión de los especialistas deja un saldo pendiente.

“Las principales soluciones provienen del exterior. Tenemos grandes especialistas en seguridad de redes pero no así en temas de *malware*. La prueba más contundente es que aún no hay ningún antivirus potable desarrollado en Argentina”, concluye Hecht.

“Para un proyecto informático en Argentina, el presupuesto que se le asigna a la parte de seguridad es normalmente el 10% de lo que se le destina en Estados Unidos”, sostiene Scolnik. Y señala que, generalmente, la seguridad informática en la industria nacional está concebida como contratar un seguro, “sin profundizar sobre su complejidad técnica ni los riesgos o los costos que puede acarrear una organización por problemas de este estilo”.

¿Cuál es el balance entonces? La seguridad informática no es una opción sino una necesidad concreta. Para la industria, la inversión en seguridad informática significaría un cambio de cultura organizacional que involucre mayor conciencia sobre su importancia e incluiría poder contar con especialistas que –al interior de las empresas y organizaciones– dediquen su atención a un problema sumamente dinámico. Mientras que para los usuarios hogareños, la información y prevención con las herramientas adecuadas demostraría ser mejor antídoto que la cura. Sin dudas, en materia de virus informáticos, resta un largo camino por recorrer. ▀

Parásitos, neutrinos y ADN

Enfermedades relacionadas con la pobreza, descubrimientos acerca de cómo se autorreparan las moléculas encargadas de la herencia y revelaciones sobre la masa de los neutrinos. Estos fueron los tópicos premiados en la edición 2015 de los Nobel de ciencia. En esta sección, investigadores argentinos repasan el trabajo de los premiados y dan cuenta de su importancia.

Fuente: nexciencia.exactas.uba.ar

Las enfermedades causadas por parásitos, que han diezariado a la especie humana a lo largo de los siglos, afectan hoy a las poblaciones más vulnerables, y cada año atacan a cientos de millones de niños y adultos en el mundo. En la edición de este año, el Instituto Karolinska destinó el Premio Nobel de Medicina a los avances en la lucha por enfermedades asociadas a la pobreza, como es el caso de la parasitosis, y también de la malaria. Por una parte, distinguió a William Campbell, microbiólogo irlandés que trabaja en los Estados Unidos, y a su colega Satoshi Omura, de Japón, por el descubrimiento de terapias contra las infecciones parasitarias. La otra mitad del premio correspondió a la farmacóloga china Youyou Tu por el desarrollo del antimalárico artemisinina. En ambos casos, estos hallazgos contribuyeron a salvar la vida de millones de personas.

“La repercusión de este premio, que ha sorprendido a muchos, se

vincula al beneficio que esos descubrimientos tuvieron para la humanidad, pues se trata de enfermedades de gran impacto”, señala Ricardo Gürtler, director del Laboratorio de Eco-Epidemiología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA (Exactas-UBA).

Una de las parasitarias más extendidas es la oncocercosis o ceguera de los ríos, transmitida por una mosca. Otra de las filarias es la elefantiasis, que se instala en los vasos linfáticos, produciendo la hinchazón y deformación de brazos, piernas y genitales. El microbiólogo Satoshi Omura, de la Universidad Kitasato, Japón, logró aislar y caracterizar nuevas cepas de bacterias *Streptomyces*, que tienen actividad antibacteriana. Una de ellas produce el metabolito avermectina. Por su parte, William Campbell, mientras trabajaba en el Instituto Merck para la Investigación Terapéutica, en Estados Unidos, identificó la actividad antiparasitaria de la avermectina, que fue efectiva para controlar ambas filarias. Al modificar la estructura del

compuesto, obtuvo la ivermectina, mucho más efectiva frente a un amplio espectro de parásitos, como se demostró posteriormente. En los ensayos clínicos pronto se vio que, con una sola dosis, los pacientes lograban eliminar los parásitos pequeños y los síntomas se aliviaban.

Youyou Tu (84 años), la primera mujer china en obtener el Nobel, fue comisionada en 1967 por Mao Zedong para encontrar un tratamiento efectivo contra la malaria, que en esos momentos se cobraba más víctimas entre las tropas vietnamitas que las armas estadounidenses. Rastreando más de dos mil recetas tradicionales chinas, la investigadora halló una que parecía crucial: consistía en hervir las hojas de una planta. Pero al realizar las pruebas, se comprobó que la temperatura destruía el compuesto activo. Así, Tu trató de extraer el compuesto con temperaturas más bajas. En pruebas en monos y ratones, el éxito fue del 100%. Su hallazgo, la artemisinina, pudo reemplazar a las drogas que se usaban y que habían desarrollado resistencia.



Satoshi Omura, William Campbell y Youyou Tu compartieron el Nobel de Medicina 2015.

“Lo interesante es que esta investigadora, para hallar la droga, recurre a la medicina tradicional china y a libros que tenían siglos de antigüedad, hasta dar con la artemisinina, a la que finalmente logró aislar y purificar”, subraya Gürtler, que es investigador del CONICET. Y remarca: “Hace una década, la malaria producía un millón de muertes anuales, principalmente en África. Gracias a estas drogas y otras medidas de control sobre el mosquito, se ha logrado reducir la mortalidad a la mitad y en varias zonas existen planes dirigidos a la eliminación de la malaria”.

Kit para reparar el ADN

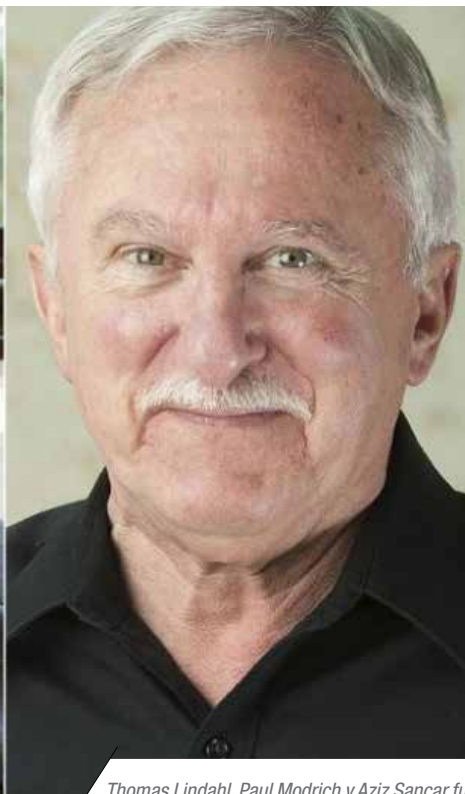
En el caso del Nobel de Química, fue para el sueco Thomas Lindahl, el estadounidense Paul Modrich y el turco Aziz Sancar por “descubrir la ‘caja de herramientas’ que usa la célula para reparar el ADN”, dijo en su anuncio el vocero de la Academia de Ciencias sueca, y agregó que sus hallazgos han “aumentado nuestro conocimiento de cómo funcionamos y pueden llevar al desarrollo de tratamientos que nos salven la vida”. Ellos han descubierto –cada uno con su equipo– distintos mecanismos de reparación del ADN o ácido desoxirribonucleico, donde residen las estratégicas instrucciones genéticas para la vida. “En algún momento se tenía que otorgar el Nobel a esta temática porque es un área demasiado relevante, tanto a nivel básico como aplicado. Entender cómo se defienden las células ante el ataque contra su material genético tiene implicancias cercanas en relación con posibles tratamientos contra el cáncer. Se

dio el premio a los grupos fundadores, que han descripto los primeros mecanismos hace varias décadas”, destaca Manuel J. Muñoz, investigador del CONICET, en el Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias (IFIBYNE) en Exactas-UBA. “Antes se tendía a pensar el ADN como algo que no se transformaba, que no se alteraba. Y lo que los ganadores del Nobel dijeron es, justamente, que esta molécula está todo el tiempo siendo atacada, está todo el tiempo cambiando, está todo el tiempo reparándose. Ellos cambiaron la perspectiva”, destaca Muñoz.

El conocimiento que aportó este trío de científicos es sobre los distintos mecanismos de reparación del ADN, que actúan en distintos momentos de la vida de la célula en respuesta a diferentes tipos de ataque”. Este “kit reparador de ADN” es en cierto modo el que hace el mantenimiento celular, esa delicada tarea para evitar desde errores de copiado internos en las células hasta reparar los daños ocasionados por agresiones venidas del exterior, como los rayos ultravioleta o aquellos que nos provocamos nosotros mismos, por ejemplo, con malas dietas o al fumar. “El humo del cigarrillo contiene pequeñas sustancias



Will Arthur McDonald y Takaaki Kajita, distinguidos con el Premio Nobel de Física.



Thomas Lindahl, Paul Modrich y Aziz Sancar fueron galardonados con el premio Nobel de Química 2015.

químicas reactivas que se unen al ADN y le impiden ser replicado correctamente, por lo que son mutágenos”, destacó Lindahl y añadió: “Una vez que hay daños en el ADN, esto puede causar enfermedades como el cáncer”.

Cazafantasmas del cosmos

Los neutrinos, luego de los fotones –las partículas de la luz–, son los habitantes más numerosos del universo, y se generan en reacciones nucleares como las que ocurren en estrellas como el Sol o en centrales atómicas. Desde el astro rey bombardean la Tierra pero, durante décadas, llamó la atención a los científicos que llegaban menos de la mitad de la cantidad que preveía la teoría del modelo solar. ¿Qué pasaba? Este enigma fue resuelto por el japonés Takaaki Kajita y el canadiense Arthur McDonald, que acaban de ser distinguidos con el Premio Nobel por sus hallazgos que reescribieron los libros de física. Ambos son miembros de megaproyectos científicos como *Super-Kamiokande (Super-K)*, en Japón; y *Sudbury Neutrino Observatory (SNO)*, en Canadá.

“Los neutrinos interactúan muy poco, lo cual los hace muy difíciles de detectar.

Uno de cada 10 a la 15 –o sea casi ninguno– se ve”, describe Ricardo Piegaia, profesor titular del Departamento de Física de Exactas-UBA. “Para verlos, hay que hacer enormes detectores bajo tierra que apantallan el dominante flujo de otras partículas a nivel de superficie, y que enmascararían la señal de los neutrinos”.

Buscando evitar interferencias para detectar estas escurridizas partículas elementales del universo, el Super-K está a mil metros bajo tierra en una mina en Gifu (Japón), y consiste en un cilindro con 50 mil toneladas de agua. En tanto, el SNO está en una vieja mina en Ontario, reconvertida en observatorio. “Estos experimentos logran que estos neutrinos interactúen con una enorme masa de agua y se detecten uno o dos por día, o quizás menos”, indica Piegaia, investigador del CONICET.

Los primeros resultados que revolucionarían la física fueron en Japón en 1999 y tres años después en Canadá. “Los neutrinos son, junto con los quarks y los electrones, partículas fundamentales que no pueden subdividirse –explicó McDonald–. Son muy difíciles de detectar y, por lo tanto, sus propiedades

no se conocieron por muchos años. Se nos presentó la oportunidad de hacer una medición que logramos (...) construyendo un detector del tamaño de un edificio de 10 pisos a 2,5 kilómetros de profundidad. Así obtuvimos un resultado claro de que los neutrinos cambian de un tipo al otro. Es irónico que para observar el Sol haya que descender kilómetros bajo tierra”.

Los trabajos de Kajita y McDonald resolvieron el misterio al comprobar en sus experimentos que los neutrinos producidos en el Sol no desaparecían en su camino a la Tierra, sino que habían cambiado u oscilado por otros tipos de neutrinos dado que existen tres clases de ellos. Es decir, eran camaleones del espacio. Algunos no llegaban con la misma identidad con la que habían partido, pero al contarlos estaban todos. Esta metamorfosis requiere que los neutrinos tengan masa. “Estos experimentos, en especial el de SNO, fueron espectaculares y lograron cerrar un dilema que inquietó a los físicos por 50 años. A partir de sus trabajos, los libros se reescribieron”, destaca Piegaia, y concluye: “Este aporte indica indirectamente que los neutrinos tienen masa, aunque ésta aún no ha podido ser medida”. ▀

Exactas cumple 150 años



La Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires cumplió 150 años. Nació el 16 de junio de 1886. El lugar, la Manzana de las Luces, en pleno centro porteño. Desde aquellos primeros años hasta hoy salió de sus aulas y laboratorios un importante número de científicos, entre ellos, un premio Nobel. Y su producción científica representa actualmente el 10% de la total de la Argentina, siendo el mayor conglomerado de investigadores.

En 150 años, la Facultad atravesó épocas de bonanza, creatividad y efervescencia, dictaduras asesinas y ahogo presupuestario. También épocas de compromiso con la sociedad y otras de no tanto. Fuga de cerebros, vuelta de cerebros, premios internacionales y bastonazos. En la doble página siguiente, el artista Pablo Lobato resume con su virtuosa geometría parte de esa historia a través de algunos hechos y algunos nombres. Hechos y nombres que, si bien podrán no alcanzar para completar un relato, bien pueden dejar una impronta que sirva de puerta de ingreso a una historia mayor.





150 años de Exactas

El comienzo de todo

Carlos Borches / borches@de.fcen.uba.ar
Programa de Historia de Exactas-UBA

“Con el fin de formar en su seno Ingenieros y Profesores, fomentando la inclinación a estas carreras de tanto porvenir e importancia para el país”, el 15 de junio de 1865 se ponía formalmente en marcha el Departamento de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires. La creación quedaba consagrada mediante un decreto firmado por el gobernador de la Provincia de Buenos Aires, Mariano Saavedra, aunque detrás del articulado, donde se daban detalles de los programas de los cursos, nombres y salarios de los profesores contratados, estaba la pluma del rector de la Universidad, Juan María Gutiérrez.

Nacido en Buenos Aires en 1809, Gutiérrez aparece en muchas biografías como abogado, poeta y político eclipsando un vínculo con las ciencias exactas que lo acompañó desde su juventud. “Siempre me fue tan halagüeño abrir un libro de poesía como otro de matemática”, reconocía Gutiérrez en una carta a Sarmiento y rememorando su juventud

recordaba su paso por el Departamento Topográfico y Estadístico, donde aprendió los rudimentos matemáticos con Ottavio Mossotti, Felipe Senillosa y Avelino Díaz, las figuras máximas de la ciencia en estos territorios durante las décadas de 1820-30.

Aquella experiencia le permitió ser reconocido como ingeniero o matemático, tal como llamaban por esos tiempos a los topógrafos, y con eso una forma de subsistir durante su exilio en Uruguay y Brasil. En 1845 llegó a Chile donde fue nombrado Director de la Escuela Naval de Valparaíso “en virtud de sus elevadas recomendaciones como ingeniero”. De esa primera época en Chile data un texto de Geometría Elemental que Gutiérrez escribiera antes de ganar en aquel país fama como poeta y crítico literario.

La derrota de Rosas en la batalla de Caseros marcó el fin del exilio y Gutiérrez regresó a su patria donde lo aguardaba un papel protagónico en la Convención Constituyente de 1853 y luego como ministro de Relaciones Exteriores de la Confederación Argentina. Después de la batalla de Pavón, que marcó el final de

la Confederación, aceptó la propuesta de Bartolomé Mitre y en 1861 asumió el rectorado de la UBA.

Gutiérrez encontró las aulas destinadas a las clases de física y química, que en 1825 habían sido equipadas con gabinetes comprados en Europa, solas por el tiempo y el desinterés. Había que refundar desde la nada un Departamento de Ciencias Exactas, destinado a “la enseñanza de las Matemáticas puras y aplicadas, y la Historia Natural” y se comprometió en todos los detalles.

Muchos de sus proyectos no llegaron a concretarse en los plazos previstos. La enseñanza en el Departamento padeció todas las dificultades que eran de esperar en el contexto de un programa ambicioso encargado a un pequeño plantel académico, sin embargo esta vez sí se puso en marcha un proceso ininterrumpido del cual las actuales Facultades de Ingeniería, Arquitectura y Ciencias Exactas y Naturales son herederas. Como señalara el propio Gutiérrez era “preciso dar a esta tarea un punto de partida, comenzar alguna vez”.



Ilustración: Pablo Lobato

1. Pellegrino Strobel. Naturalista italiano. Dictó la primera clase del Departamento de Ciencias Exactas de la UBA, germen de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
2. Perú 222. Primera sede de Exactas UBA, en la Manzana de las Luces. Se utilizó hasta la década de 1970 cuando se terminó la mudanza a Ciudad Universitaria.
3. Rolando García. Decano de Exactas UBA, entre 1957 y 1966. Su gestión fue interrumpida con La Noche de los Bastones Largos.
4. Manuel Sadosky. Padre de la informática en la Argentina. Creador de la carrera de Computador Científico y quien impulsó la llegada al país de Clementina, la primera computadora de uso científico de Latinoamérica.
5. La Noche de los Bastones Largos, 29 de julio de 1966. Profesores y alumnos son desalojados violentamente de la Facultad por la policía del gobierno del general Onganía. Significó el éxodo de cientos de científicos y la desarticulación del sistema científico hasta el regreso a la democracia en 1983.
6. Luis Federico Leloir. Médico y bioquímico, profesor de Exactas UBA. Premio Nobel de Química 1970. Mentor del Instituto de Investigaciones Bioquímicas.
7. Gregorio Klimovsky. Matemático y epistemólogo. Decano normalizador de Exactas UBA en el regreso a la Democracia, en 1983.
8. César Milstein. Químico de Exactas UBA. Premio Nobel de Medicina 1984.
9. Hubo varios períodos que marcaron el éxodo y la vuelta de investigadores en la Argentina. Par el primer caso, La Noche de los Bastones Largos, en 1966, y las políticas neoliberales de los 90. Para el segundo, la apertura democrática de 1983 y las políticas de promoción de la ciencia y la tecnología a partir de 2003.
10. Las ex bodegas Giol, sede del flamante Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva, que tuvo como primer ministro a un profesor de Exactas UBA, Lino Barañao.

Germen de conflictos

Gabriel Stekolschik / gstekol@de.fcen.uba.ar

El Poder Ejecutivo enviará al Congreso Nacional un proyecto para actualizar la ley de semillas, vigente desde 1973. El Secretario de Agricultura de la Nación (hasta diciembre de 2015) detalla aquí las líneas principales del articulado que está puliéndose en la Casa Rosada. Lo que está en juego es hacia qué modelo agrícola se dirige la Argentina. Opinan los diversos actores involucrados.



Dennis Wilkinson/Flickr



Actualmente, en la Argentina se solapan dos sistemas de propiedad intelectual que ofrecen niveles desiguales de protección: la ley de semillas (para las mejoras efectuadas por cruzamiento), y la ley de patentes (para las innovaciones realizadas por ingeniería genética).

Se estima que la agricultura se inició hace unos diez mil años y, desde entonces, las semillas se constituyeron en una fuente sustancial para la producción de alimentos. Durante esos milenios, el cruzamiento de ejemplares y la selección de plantas con nuevos atributos generaron una amplia diversidad de variedades vegetales que le permitieron a la humanidad sortear plagas y sequías, al mismo tiempo que se conseguía mejorar la productividad de los cultivos.

El siglo XX trajo consigo cambios trascendentales en la práctica agrícola. Con la promesa de erradicar el hambre del mundo, la llamada “revolución verde” de los años ‘60 incorporó el uso de maquinarias, sistemas de riego, fertilizantes y pesticidas para el cultivo de ciertas variedades de cereales seleccionadas por su alto rendimiento. La productividad se multiplicó significativamente, aunque exigió fuertes inversiones de capital y un manejo empresarial muy alejado del de la agricultura tradicional.

Paralelamente, se desarrollaban e introducían en el mundo agrícola los vegetales híbridos, cuyos atributos particulares resultan en rindes muy elevados. Esta innovación marca el inicio de un proceso de apropiación de la semilla por las empresas privadas. Porque ciertos híbridos—el maíz y el girasol son casos emblemáticos—producen semillas estériles o, si no, sin los atributos genéticos que hacían valiosos a sus progenitores. Ahora, el grano

cosechado no sirve para la siembra y el agricultor debe comprar las variedades híbridas de alto rendimiento en cada temporada. Así, comienza a desarrollarse un mercado de semillas con fuertes inversiones privadas.

No obstante, un grupo de cultivos (trigo, soja y arroz, entre los más importantes) no pudieron hibridarse de manera efectiva. Es decir, su descendencia mantiene las características de los progenitores y, por lo tanto, sus semillas pueden aprovecharse para la resiembra.

Pero, en los años ‘90 y de la mano de la ingeniería genética, el panorama de la agricultura mundial vuelve a cambiar de manera contundente: se crean las plantas transgénicas. Es decir, vegetales a los que se les introducen genes que otorgan a los cultivos resistencia a ciertas plagas y capacidad de sobrevivir a los herbicidas que se utilizan para eliminar las malezas.

Con esta innovación tecnológica, se facilita notoriamente el manejo agrícola y, por ello, las semillas transgénicas son adoptadas rápidamente por los agricultores.

Esto resulta en que las empresas privadas avancen aun más en el proceso de apropiación de las semillas. Porque los transgenes se pueden incorporar a cualquier tipo de cultivo, tanto a los híbridos como a los que no lo son y, como se trata de genes que se pueden patentar, se pueden cobrar regalías por el uso de

semillas que tengan incorporados los transgenes.

En definitiva, el desarrollo de la agricultura intensiva y la promoción casi exclusiva de algunas variedades de alto rendimiento concentraron paulatinamente la propiedad de las semillas en pocas manos y redujeron significativamente la heterogeneidad de los cultivos. Un informe elaborado en 2004 por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) señala que solo durante el siglo pasado se perdió el 75% de la diversidad agrícola.

“El que controla la semilla tiene la capacidad de incidir en la toda cadena de valor de la producción de alimentos y puede condicionar los resultados de cualquier política agrícola y alimentaria”, advierte la doctora Anabel Marín, investigadora del CONICET especializada en innovación.

Un grano incómodo

La ley de semillas hasta ahora vigente en la Argentina se promulgó en 1973. En lo relativo a la propiedad intelectual, la norma reconoce a quien obtiene una nueva variedad de semilla (el “obtentor”) el derecho exclusivo para su explotación comercial por un lapso determinado.

No obstante, según la misma ley, esa exclusividad tiene dos excepciones. Por un



A finales de 2012, coincidiendo –sospechosamente, para algunos– con el anuncio de Monsanto del inminente lanzamiento de su soja Intacta, el gobierno nacional anunció por primera vez su intención de modificar la ley de 1973. Desde entonces, la Secretaría de Agricultura ha celebrado incontables reuniones con diferentes actores del mercado de semillas.

lado, el llamado “derecho al uso propio”, que autoriza al agricultor a resembrar las semillas obtenidas en cada cosecha sin tener que pedir autorización o pagar por ello al obtentor de la variedad sembrada.

Por otro lado, con el fin de facilitar la investigación y desarrollo de nuevas variedades, la ley establece la denominada “excepción del fitomejorador”, que permite a quienes se dedican al mejoramiento vegetal utilizar libremente cualquier variedad comercial –aun cuando le pertenezca a otro obtentor– como fuente de investigación para su propio programa de mejoramiento.

Ambas excepciones al derecho del obtentor consagradas en la ley argentina respetan el Convenio de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales celebrado en 1978 (UPOV 78), del cual nuestro país es signatario.

Con la irrupción de los transgénicos se alteró la calma reinante. Porque la propiedad intelectual de las construcciones genéticas no está regida por la ley de semillas, sino por la ley de patentes. Mediante esta última norma, quien incorpora un transgen a cualquier variedad vegetal puede impedir que el agricultor ejerza el derecho al uso propio, y que el mejorador utilice libremente un vegetal transgénico para sus investigaciones.

Es decir que, actualmente, en la Argentina se solapan dos sistemas de

propiedad intelectual que ofrecen niveles desiguales de protección: la ley de semillas (para las mejoras efectuadas por cruzamiento), y la ley de patentes (para las innovaciones realizadas por ingeniería genética). La primera ampara a las empresas mejoradoras locales, en tanto que la segunda resguarda a la multinacional Monsanto.

En setiembre de 2013, Monsanto lanza comercialmente en la Argentina la soja transgénica “Intacta RR2 Pro”, resistente a herbicidas y a insectos, cuyo cultivo se expandió rápidamente por todo el país. Pero este fenómeno no se vio reflejado en los ingresos de la empresa por regalías, debido a que los productores resembraban parte de los granos cosechados (ejerciendo su derecho al uso propio) y, también, por la multiplicación y comercialización ilegal de semillas.

Por ello, a finales de 2014, la corporación implementó un contrato que, entre otras cosas, obliga a los agricultores a renunciar al derecho de uso propio, a permitir el ingreso a su campo a fiscalizadores designados por la empresa, y a vender su cosecha únicamente a exportadores y/o acopiadores autorizados por Monsanto.

Las tensiones generadas a partir de este hecho obligaron al gobierno nacional a reconocer el problema: “Hay una coexistencia de derechos de propiedad

que genera un gris legal muy peligroso que hace necesaria la intervención del Estado, porque, si esto se judicializa, el país pierde”, declara Roberto Delgado, Secretario de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, y anuncia: “En este momento, en la Secretaría Legal y Técnica de la Presidencia, hay un proyecto para modificar la ley de semillas. Se le están haciendo correcciones de forma para enviarlo al Congreso Nacional”.

Brote de discordia

“El núcleo de la discusión es si el agricultor puede hacer ‘copias’ de la propiedad inicialmente adquirida, todas las veces que quiera y en la cantidad que quiera”, considera Miguel Rapela, Director Ejecutivo de la Asociación Semilleros Argentinos (ASA), que –con 83 socios– aglutina a todas las empresas semilleras que operan en el país, tanto locales como multinacionales.

Rapela sostiene que “el derecho al uso propio en la Argentina es uno de los más amplios del mundo”, y opina: “Hay que limitarlo de alguna manera, porque, si no, para las empresas no hay negocio”.

Sin embargo, Marin denuncia una realidad diferente: “Los mejoradores locales crecieron mucho con la protección legal que existe actualmente. El negocio de ellos es crear continuamente variedades nuevas, más productivas, para que



todos los años el agricultor elija comprar la nueva semilla en lugar de resembrar las que obtiene de su cosecha”.

La investigadora establece una diferencia entre los obtentores locales y Monsanto: “Los mejoradores argentinos tienen una infraestructura de creación y testeo de variedades muy importante. En cambio, Monsanto apenas tiene los derechos sobre dos genes transgénicos. Y tengamos en cuenta que la soja tiene alrededor de 46.000 genes”.

Los estudios científicos efectuados hasta el momento indican que, si bien facilitan el manejo de los cultivos, los transgenes no mejoran el rendimiento de la cosecha. “Si los genes de Monsanto no estuvieran integrados a las nuevas variedades de semillas más productivas, que las empresas locales desarrollan cada año, no tendrían ningún valor”, consigna Marin.

No obstante, aunque la empresa transnacional tan solo es dueña de dos transgenes de dudoso impacto en la productividad de los cultivos, el desequilibrio existente entre los derechos de propiedad intelectual que otorgan las leyes de semillas y de patentes, sumado al control implementado por Monsanto a través de sus contratos, resulta en un reparto de la torta que la

favorece ampliamente: “Actualmente, la multinacional se está quedando con el 66% del precio total de venta de cada bolsa de semillas”, revela Marin.

Representando al mismo tiempo los intereses de Monsanto y de los mejoradores locales, Rapela plantea, como alternativa para paliar ese desequilibrio, el concepto de “variedad esencialmente derivada”, introducido en la Convención de la UPOV del año 1991, que la Argentina no suscribió.

“Actualmente, si hago cualquier mínima modificación cosmética a una variedad que otro obtuvo con una gran inversión, estoy generando una nueva variedad y puedo registrarla como propia, cuando claramente es una variedad esencialmente derivada de la primera”, explica Rapela. “Con el concepto de variedad esencialmente derivada, se busca proteger al obtentor tradicional frente al avance de la ingeniería genética, que mediante una mutación puntual o la inserción de un gen puede incorporar pequeñas modificaciones de manera rápida y efectiva”, completa.

“Es una idea que restringe la excepción del fitomejorador y, por lo tanto, favorece la concentración de los derechos de propiedad intelectual

en beneficio de los más poderosos”, apunta Marin, y especula: “Ante una probable disputa legal por la titularidad de una variedad, la historia de los fallos de la Corte Suprema de los Estados Unidos muestra que siempre ganan las grandes empresas multinacionales”.

El insuficiente control del Estado sobre la comercialización de semillas no solo posibilitó que Monsanto se atribuya el poder de policía, sino que facilitó el desarrollo de un mercado ilegal que, solo para la soja, se calcula que representa un 70% del total sembrado en el país.

Las quejas por esta realidad no vienen solamente de los mejoradores, que solo cobran derechos de propiedad intelectual por menos de un tercio de lo que se vende. También los productores agrícolas se reconocen perjudicados: “Si la semilla no está fiscalizada, no tenemos garantía de que incluya el mejoramiento tecnológico por el que estamos pagando, y eso recién podemos constatarlo después de la siembra”, explica Omar Barchetta, dirigente de la Federación Agraria Argentina, entidad que representa a pequeños y medianos agricultores de todo el país.

Barchetta es, actualmente, diputado nacional por el Partido Socialista de Santa Fe y, como tal, autor de un proyecto de ley de semillas presentado en 2012 pero que, hasta la fecha, no logró tratamiento parlamentario. “Nuestro proyecto busca, entre otras cosas, impedir contratos como el de Monsanto y otorgar al Instituto Nacional de Semillas (INASE) la normativa y la infraestructura necesarias para que ejerza adecuadamente su función de fiscalización”, afirma.

“La ley de semillas actual brinda todas las herramientas necesarias para fiscalizar el comercio de semillas”, contradice Carlos Vicente, representante en América Latina de GRAIN, una organización no gubernamental internacional que apoya a campesinos y a movimientos sociales en sus luchas por



lograr sistemas alimentarios basados en la biodiversidad y controlados comunitariamente. “Si algo ya es ilegal, no hace falta otra ley para combatirlo. Hace falta decisión política”, considera. “La lucha contra el comercio ilegal es una excusa para avanzar aun más con los derechos de propiedad sobre la semilla”, concluye.

“La ley vigente está desactualizada. Ni siquiera incluye la palabra ‘biotecnología’. Hay que revisarla de la A a la Z”, juzga Rapela.

Retoño de acuerdo

A finales de 2012, coincidiendo –sospechosamente, para algunos– con el anuncio de Monsanto del inminente lanzamiento de su soja Intacta, el gobierno nacional anunció por primera vez su intención de modificar la ley de 1973. Desde entonces, la Secretaría de Agricultura ha celebrado incontables reuniones con diferentes actores del mercado de semillas.

“Finalmente, hemos alcanzado un consenso que está incorporado en el proyecto que enviaremos al Congreso”, informa Delgado, y precisa: “Son unos pocos artículos que no modificarán la ley vigente sino que agregan cuestiones que no estaban consideradas”.

Según Delgado, el consenso logrado establece que “todos los derechos de propiedad deberán estar incluidos en el precio de la semilla y solo podrán cobrarse en el momento en que se vende la bolsa”.

De esta manera, para el funcionario, “se seguirá respetando el derecho al uso propio, que está consagrado en la ley actual”.

Para asegurar el cobro de los derechos, Delgado promete “un férreo control de la semilla ilegal”, a través del INASE: “Los productores que hagan uso propio se van a anotar en un Registro en donde van a declarar cuál es el uso que hacen de la semilla. Así, nosotros vamos a saber quiénes adquirieron semilla fiscalizada y en qué cantidad, y qué destino le dieron”.

“El consenso se logró sin la participación de campesinos y agricultores familiares”, denuncia Vicente.

“Los dejamos fuera de la mesa de consenso porque no se van a ver afectados”, asegura Delgado.

Un punto relevante del articulado que está puliéndose en la Casa Rosada es la creación de un “fondo tecnológico”, mediante la imposición de un canon

–que se cobrará por hectárea sembrada– a los productores considerados “grandes”.

“Lo llamamos ‘canon tecnológico’ –especifica Delgado– y lo pagarán quienes, por año, facturen más de tres veces el valor de la categoría máxima del monotributo” (NdR: hoy eso equivaldría a una facturación anual de \$1.800.000).

Si bien admite que “todavía no está definido” cómo se distribuirá el fondo tecnológico, el funcionario aclara que ese dinero tiene el objetivo de “remunerar las inversiones que se hacen e incentivar el mejoramiento vegetal”. Según Delgado, “el fondo tiene que servir para estimular el desarrollo de nuevas variedades en horticultura, fruticultura, cultivos regionales, oleaginosas y cereales menores, y otras producciones en las que nadie tiene interés en invertir”.

Planteando como “un absurdo que existan derechos de propiedad intelectual sobre 10.000 años de libre intercambio”, Vicente sostiene que “es imposible la coexistencia de la agricultura familiar con el agronegocio”, e ironiza: “El canon tecnológico no va a frenar el avance de la soja”.

Por su parte, Marin propone abrir un debate sobre la iniciativa *open source*, de semillas de uso libre, que ya desarrolló 29 variedades de 14 cultivos: “Es un sistema colaborativo en el que la innovación está motorizada por la libre circulación de ideas y la coparticipación de muchos investigadores”, ilustra. “Es una lógica muy diferente a la de que la innovación tiene que estar sustentada en fuertes inversiones de unas pocas empresas”, comenta, y finaliza: “Es crucial que se ponga sobre la mesa, y se discuta, cuál es el modelo agrícola que se está favoreciendo, y reconocer claramente los costos y riesgos de la acción elegida y quién los va a pagar, si es posible pagarlos. Porque algunos efectos pueden ser irreversibles”. 

Oro negro

Con mayor o menor presencia en los medios y en la discusión pública, la nacionalización de YPF fue sin dudas uno de los hitos políticos que atravesó el pasado reciente en nuestro país. Pero ya promediando el cuarto año de la nueva gestión a cargo de la empresa más grande de Argentina, ¿cuál es el balance de dicha gestión?, ¿qué puede esperarse para el futuro cercano? Y, sobre todo: ¿es Vaca Muerta la solución a todos nuestros problemas?

Ernesto Gallegos / ernestogallegos@gmail.com

El 16 abril se cumplieron tres años de que la Presidenta Cristina Fernández de Kirchner presentara el histórico Proyecto de Ley “De la soberanía hidrocarburífera de la República Argentina” que permitió la recuperación por parte del Estado Nacional del 51% del paquete accionario de YPF. Luego de la privatización de la empresa durante la década de 1990 y la posterior extranjerización de sus activos, la gestión de la multinacional Repsol alejó más y más la actividad de la compañía de la posibilidad de satisfacer la demanda energética creciente. El constante aumento del consumo energético (junto con el aumento del PBI) año a año iba acompañado por un descenso sostenido de la producción local de petróleo y gas, generando una brecha en constante aumento que debía y aún hoy debe ser subsanada con la importación de hidrocarburos, principalmente gas natural licuado para la generación de energía en centrales térmicas.

La nueva gestión al frente de YPF, con su CEO el ingeniero Miguel Galuccio como su máximo exponente y con el apoyo de la Casa Rosada, estableció rápidamente los nuevos objetivos de la empresa. Con un primer plan de alto impacto de cien días y un plan de negocios de 5 años (2013-2017) la nueva administración estableció cuál sería su nuevo ADN: una YPF con sentido nacional, profesionalizada, comprometida con la seguridad y el medio ambiente, que garantice el valor para los accionistas, y con el objetivo claro de ser instrumento de la recuperación del autoabastecimiento energético. En el corto plazo el planteo fue claro, detener el descenso en la producción con una nueva plataforma de trabajo para revertir la tendencia negativa. Luego, para aumentar la producción de manera sostenida, se orientarían los esfuerzos hacia la producción de yacimientos maduros, la explotación de recursos no convencionales y mejorar las estrategias de refino y comercialización. Por último, como objetivo máximo de este primer plan quinquenal, la gestión Galuccio propone instalar un nuevo paradigma para cambiar el futuro del sector energético, mediante el desarrollo masivo de los recursos no convencionales, a tal punto de que nuestro país

vuelva a convertirse en exportador neto de energía. El desafío pasó por reorientar a la empresa desde una gestión privada dirigida a obtener dividendos a la menor tasa de inversión posible, hacia convertirla en una herramienta para el desarrollo nacional, sin desatender el capital de sus accionistas, pero con un objetivo principal muy claro: recuperar el autoabastecimiento energético.

Para conocer más sobre la actualidad de la industria petrolera en nuestro país en el contexto de la recuperación de YPF, entrevistamos al doctor Luis Stinco, geólogo y docente del Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA), del Instituto del Gas y del Petróleo en la Facultad de Ingeniería de la UBA, y del Departamento de Geología en nuestra Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Tras un breve paso en la década de 1980 por el departamento de Geología de Exactas-UBA, Stinco retornó recientemente para hacerse cargo del dictado de la asignatura Geología de Combustibles.

El profesor Stinco no duda en resaltar el cambio de paradigma que la nueva gestión al frente de YPF le logró imprimir en poco tiempo: “Actualmente la empresa se focaliza en las necesidades que tiene el país,



mientras que antes de 2012 era sólo un apéndice de la multinacional Repsol, y se focaliza en la necesidad de generar energía para acompañar el crecimiento: el 70% de la energía utilizada en nuestro país se vincula directamente con el transporte y por lo tanto con la producción y el desarrollo, además de lo que consume la industria, la petroquímica, la actividad agropecuaria”, y todas las actividades económicas en general. La respuesta que se propone a esa demanda es la explotación a gran escala de los recursos no convencionales, “Argentina es el país que tiene más actividad en exploración y producción de no convencionales fuera de Estados Unidos. Somos la prueba piloto fuera de Estados Unidos y el resto del mundo está mirando qué pasa en Argentina. No solo en recursos tipo *Shale* sino también en *Tight*”.

El objetivo principal, hacia donde se apuntan todos los cañones de la industria petrolera en Argentina en los últimos años, es la Formación Vaca Muerta, dentro de la Cuenca Neuquina. Se trata de una de las mayores reservas de hidrocarburos no convencionales a nivel mundial: la segunda en *Shale Gas* (gas de lutitas) y la cuarta en *Shale Oil* (petróleo de lutitas). Mientras en Argentina se extraen

hidrocarburos naturales desde 1907 (el Pozo N°2 en Comodoro Rivadavia, sitio donde hoy funciona el Museo Nacional del Petróleo), todos los yacimientos de los que se extrajo petróleo y gas hasta la última década (y que se siguen y seguirán explotando por muchos años más) son denominados convencionales. Pero, ¿convencionales con respecto a qué? El Sistema Petrolero (convencional) consiste en una serie de elementos que se tienen que encontrar en una línea de tiempo. Estos elementos son: la roca madre, la roca reservorio, la roca sello, la columna de roca (que ejerce presión sobre el sistema), una trampa, los eventos de generación-migración-acumulación, y la preservación del hidrocarburo generado, migrado y acumulado en la roca reservorio. Si falta alguno de estos elementos se habla de un yacimiento no-convencional, o sea que no necesariamente es estéril o inviable económicamente, pero que debe ser estudiado y explotado con técnicas diferentes a las utilizadas en los sistemas convencionales.

Dentro de los recursos no convencionales, se llama petróleo o gas de lutitas (*shale-oil / shale-gas*) a los recursos alojados en los niveles de la roca productora

o la roca madre, ricos en materia orgánica, que sufrió los procesos físico-químicos para convertirse en hidrocarburos, pero se acumuló *in situ*, sin migrar hacia una roca reservorio como en el caso de los reservorios *convencionales*. El hidrocarburo no convencional, petróleo o gas, sigue atrapado en forma de gotas microscópicas dentro de la roca madre. Este es el caso de la Formación Vaca Muerta. Hay una variación de este tipo de yacimientos denominada *Tight Gas* (literalmente “gas apretado”) en los que el hidrocarburo gaseoso queda atrapado en un tipo de roca que no se puede considerar reservorio al no tener permeabilidad y que sólo puede ser explotado mediante fractura hidráulica (*fracking*) al igual que el shale.

Actualmente, la sostenida caída del precio del petróleo se hace sentir en todas las ramas de la actividad a nivel global, según Stinco, “por el costo dolarizado de insumos y servicios, la economicidad de los proyectos no cierran en la industria en general y la actividad ha caído en el orden del 20 o 25% en todo Sudamérica. Esto afecta directamente a los proyectos de explotación porque el petróleo sin explotar (reservas comprobadas) va a seguir ahí



Mientras algunos quieren vender la explotación de Vaca Muerta como la llave para solucionar en un solo movimiento todos los problemas energéticos de nuestro país, la solución sería bastante más compleja que eso.

abajo en los yacimientos y las empresas pueden esperar a que mejoren las condiciones para explotarlo". Pero en el caso de Vaca Muerta, este factor no parece haber sido determinante ya que "la actividad muy intensiva de la explotación del *shale* no da mucho margen para detener la actividad, sumado a que, a diferencia de la explotación de los recursos convencionales, se proyecta que estos pozos se mantengan productivos más allá del próximo cuarto de siglo, por lo que es una inversión a largo plazo independiente de los altibajos del precio del crudo".

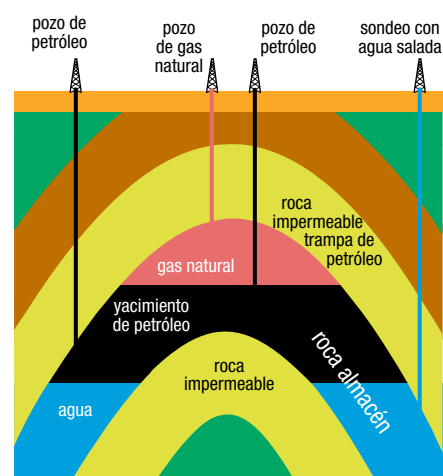
¿Qué tan intensiva es la actividad en Vaca Muerta? Para definir lo que está ocurriendo en la Cuenca Neuquina como un polo de actividad pionera a nivel mundial se puede mencionar que "actualmente se están realizando alrededor de 300 pozos por año (sumado a los 1200 pozos en reservorios convencionales que se venían realizando en nuestro país), mientras que en China (donde se presume que las reservas de este tipo también son de gran magnitud) apenas se perforan alrededor de 50". Estos números son muy prometedores pero todavía se trata de una actividad incipiente, si lo comparamos con los 46.000 pozos que se perforan al año en Estados Unidos, de los que 35.000 son para la explotación de *shale*.

Pero la coyuntura en la que se encuentra nuestro país con el control recuperado de su petrolera de bandera no se trata sólo de gas, petróleo y energía. Como destaca Stinco, "Argentina está en un lugar y en un momento privilegiados en donde puede generar recursos pero también conocimiento para el día de mañana, por haber estado en la vanguardia de esta actividad". Este conocimiento hoy se genera en las empresas, en las universidades, y en las instituciones mixtas (como Y-TEC), y el día de mañana podría ser exportado a un valor mucho mayor que el de los *commodities*. Aprovechar esta oportunidad será también hacer una utilización razonable de nuestros recursos.

¿Pero por qué se habla todavía de una escala de explotación piloto y no tenemos a todas las grandes petroleras del mundo explotando Vaca Muerta? La respuesta tiene que ver con el conocimiento. Cada nuevo pozo realizado aporta aún más información sobre la enorme complejidad que implica la geología de esta formación. A una profundidad mayor a 2000 metros, todavía queda mucho por conocer del potencial y de la complejidad para explotar estos recursos. Por ejemplo, "Vaca Muerta tiene más del doble de espesor de los niveles de *shale* más conocidos en Estados

Unidos, donde fue muy fácil decidirse por pozos horizontales. Hay secciones de Vaca Muerta a explotar con más de 450 metros de espesor y esa decisión (entre pozos verticales y pozos horizontales más costosos) no es tan fácil. El conocimiento de formaciones como Marcellus tiene más de 40 años y mucha información" proveniente de las decenas de miles de pozos que ya se han realizado para su exploración y explotación.

Capas de un yacimiento



Un yacimiento, depósito o reservorio petrolífero, es una acumulación natural de hidrocarburos en el subsuelo, contenidos en rocas porosas o fracturadas (roca almacén). Los hidrocarburos naturales, como el petróleo crudo y el gas natural, son retenidos por formaciones de rocas suprayacentes con baja permeabilidad.



El desafío de YPF pasó por reorientar a la empresa desde una gestión privada dirigida a obtener dividendos a la menor tasa de inversión posible, hacia convertirla en una herramienta para el desarrollo nacional con un objetivo principal muy claro: recuperar el autoabastecimiento energético.

Un capítulo aparte merecerían los llamados “mitos del fracking” y quizás no alcance una nota entera al respecto. Esta forma de explotación de hidrocarburos convencionales y no convencionales que se practica hace décadas en nuestro país se ha asociado indiscriminadamente a la posibilidad de distintas formas de contaminación del medio ambiente. Para resumirlos en una serie de puntos, diferentes grupos políticos y ambientalistas suelen enfocar sus críticas en la posibilidad de que los acuíferos se vean contaminados con hidrocarburos o aditivos tóxicos, en los volúmenes de agua necesarios para realizar la fracturación hidráulica e incluso en la posibilidad de que esta técnica pueda generar terremotos. Stinco se refiere particularmente al rol de los profesionales (de las geociencias en este caso) para desnudar estos mitos que perpetúan con irresponsabilidad comunicadores sociales sin conocimiento técnico sobre el tema. A modo de primicia también nos comenta que EUDEBA publicará próximamente el trabajo de un grupo interdisciplinario de profesionales titulado *Recursos Hidrocarburíferos no convencionales Shale y el desarrollo energético de la Argentina (caracterización, oportunidades y desafíos)* que justamente apunta a arrojar un poco de luz sobre estos temas que son vistos como controversiales por algunos sectores de la opinión pública.

Un panorama aún más amplio del estado de situación en nuestro país debe incluir sin dudas el hecho de que las reservas comprobadas de hidrocarburos y la producción de nuevos recursos convencionales también ha avanzado notablemente. No todo es *no convencional*. Y esto nos trae quizás a la madre de todas las preguntas, ¿Cómo se leen todos estos datos en función de recuperar el autoabastecimiento energético? El profesor Stinco es tajante en este sentido: “no hay soluciones mágicas”. Mientras algunos quieren vender la explotación de Vaca Muerta como la llave para resolver en un solo movimiento todos los problemas energéticos de nuestro país, la solución sería bastante más compleja que eso. Recuperar “el autoabastecimiento va a depender de mantener la actividad creciente atendiendo a una multiplicidad de factores: es vital continuar la explotación dentro de las seis cuencas productivas de nuestro país; va a haber que animarse a desarrollar exploración en las cuencas que no tienen documentada explotación comercial de hidrocarburos; es necesario avanzar sobre recuperación secundaria y terciaria en campos petroleros que ya han sido explotados durante varias décadas; y a esto se le suma la actividad en exploración y producción de recursos no convencionales y (potencialmente) al *off-shore*”.

Y hasta aquí sólo hablamos de la producción de energía a partir de petróleo y gas. En palabras de Stinco, “sin planificar el crecimiento energético no se puede acompañar ni generar el crecimiento económico y de todas las actividades productivas de un país. Argentina tiene la capacidad de resolver estos problemas, de planificar a largo plazo y superar esta coyuntura.” Esto deberá implicar sin dudas “replantearnos nuestra matriz energética y la dependencia que tenemos de los hidrocarburos, que hoy son entre el 80 y el 85% de nuestra fuente de energía”.

El futuro presenta una mezcla de matices entre lo prometedor y el descreimiento natural que genera un problema de semejante complejidad. Vaca Muerta no es en sí misma la solución al creciente déficit energético de nuestro país, pero será sin duda uno de los pilares del crecimiento en las próximas décadas. El resto del mundo tiene los ojos puestos en ver qué ocurre con nuestros recursos no convencionales, una aventura que no tiene antecedentes fuera de los Estados Unidos y nos encuentra ante una oportunidad histórica que irá de la mano con la producción de conocimiento destinado a enfrentar este desafío. 

¿La fábrica en casa?

Aunque todavía parece un asunto de la ciencia ficción, una tecnología incipiente y, por ahora, relativamente poco conocida, preanuncia que no está tan lejos el momento en el que el hogar pueda ser un lugar de producción de casi todo tipo de bienes.

Gabriel Stekolschik / gstekol@de.fcen.uba.ar

Cuando Karl Marx y Friedrich Engels –en el Manifiesto del Partido Comunista de 1848– postularon que el camino hacia la revolución requiere poner los medios de producción en manos del proletariado, seguramente no podían imaginar que llegarían días en que una tecnología –que algunos ya tildan de revolucionaria– podría convertir a cada individuo en el dueño de una fábrica capaz de producir una innumerable diversidad de bienes.

Desde piezas componentes de algunos instrumentos musicales hasta partes del motor de un avión ya pueden fabricarse en casa mediante una impresora 3D. Y la mayoría de los pronósticos anticipan que, en relativamente poco tiempo, casi ninguna cosa –viva o inanimada– será imposible para esas máquinas de aspecto estrafalario que tienen el potencial de hacer realidad prácticamente cualquier objeto imaginable.

Además, el incesante abaratamiento de esta tecnología –que ocurre a una

velocidad mayor que la que se dio para las computadoras personales– permite predecir que en la próxima década la impresora 3D estará tan presente en los hogares como lo está hoy la impresora convencional.

Si bien todavía su desarrollo es incipiente (tiene –apenas– poco más de veinte años de historia), la impresión 3D está madurando rápidamente merced al reciente vencimiento de algunas patentes clave. De hecho, casi a diario nos desayunamos con alguna noticia que da a conocer un nuevo desarrollo tecnológico o una aplicación novedosa de la impresión 3D.

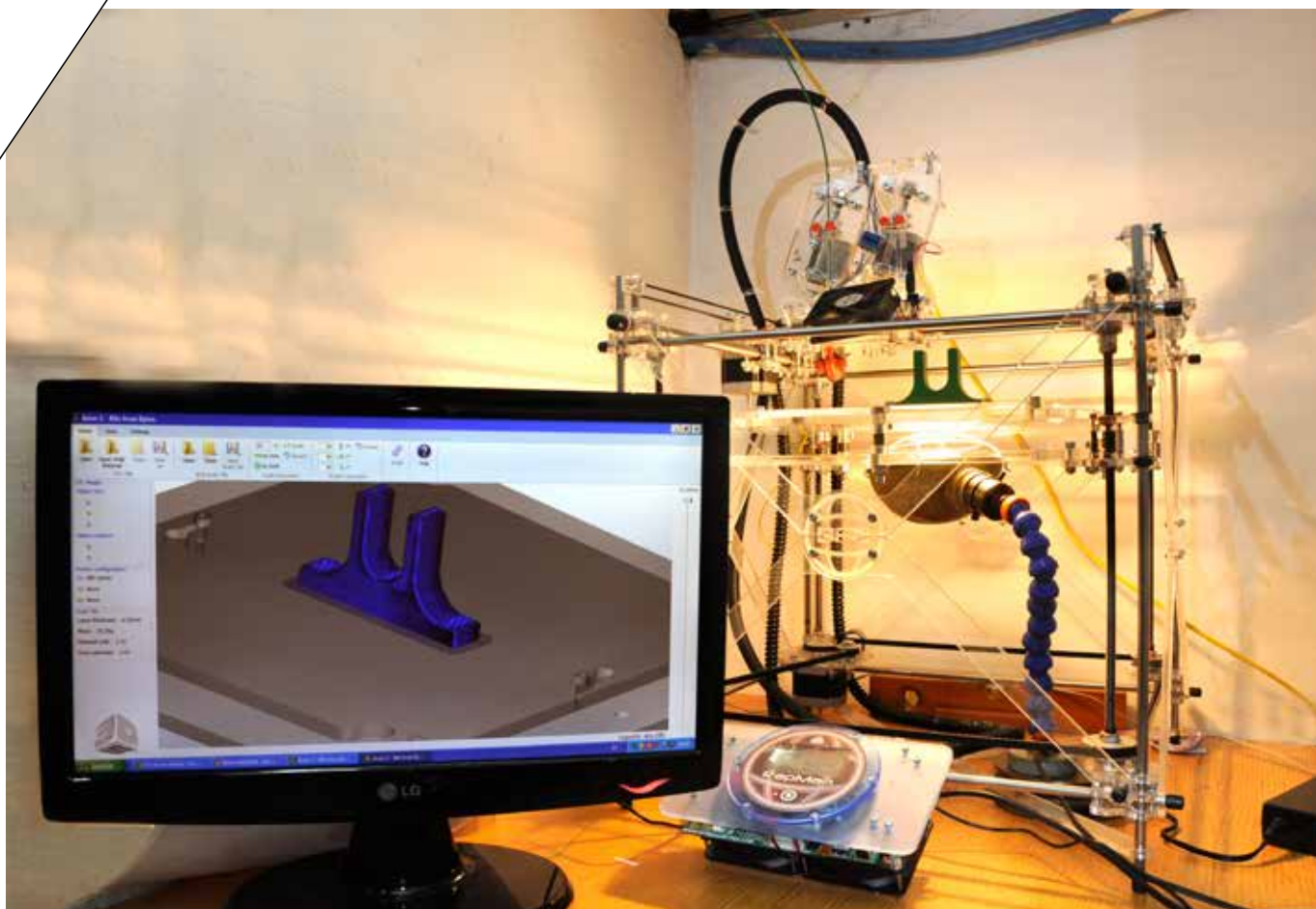
Pastelería computada

Al igual que para el caso de una impresora convencional, el proceso para imprimir en tres dimensiones utiliza una computadora y un software específico; pero en lugar de estampar tinta sobre una hoja plana, estos dispositivos construyen –capa por capa– objetos tridimensionales de una sola pieza, los cuales pueden ser útiles por sí mismos o como parte de una estructura más grande y compleja.

Las impresoras 3D más económicas y, por lo tanto, las más difundidas, utilizan una técnica denominada “modelado por deposición fundida” (FDM, por sus siglas en inglés) mediante la cual los objetos se fabrican utilizando algún material fundido –generalmente es un plástico, pero puede ser incluso chocolate–, que se va depositando sobre sí mismo dando forma al objeto deseado.

El plástico suele adquirirse en forma de hilo, en carretes, como una tanza, que se inserta en una boquilla de la impresora. Dicha boquilla se encuentra a una temperatura suficiente como para fundir el material y funciona como una manga pastelera que extruye el plástico fundido, a la vez que se mueve en las tres dimensiones del espacio siguiendo un patrón que está determinado por un plano tridimensional construido con un software de diseño.

“Cualquier programa de tipo CAD (NdR: diseño asistido por computadora) es capaz de exportar el plano que alguien construye a un formato que la impresora entiende”, señala Pablo Cobelli, investigador del CONICET y



coordinador del Taller Mecánico del Departamento de Física de Exactas-UBA, que cuenta con una impresora 3D con la que se producen elementos de utilidad pedagógica y piezas de instrumental para los laboratorios de investigación.

El FDM está comprendido dentro de lo que se denomina procesos de fabricación “aditiva”, que pueden generar geometrías complejas a través de la adición sucesiva de capas muy finas (0,1 a 0,3 mm.) de material. Una vez extruido, dicho material debe solidificar lo suficientemente rápido como para posibilitar que una nueva capa se deposite sobre el objeto en construcción.

“Complementariamente, la impresora viene con un software propio que permite que el operador determine ciertas características del objeto a construir, como por ejemplo la dureza, la forma de las aristas o si será una pieza estanca, entre otras particularidades”, acota Cobelli.

En los últimos años, otra técnica de fabricación aditiva está ganando terreno:

el sinterizado selectivo por láser (SLS, por sus siglas en inglés). “La sinterización es el tratamiento térmico de un polvo, que da como resultado un material compacto”, explica Cobelli.

En este caso, la impresora no tiene una boquilla extrusora sino un láser de alta potencia que, siguiendo las indicaciones de un plano, va barriendo un polvo depositado en un recipiente. El barrido se desarrolla capa por capa, penetrando el polvo y “derritiéndolo” localmente. Allí donde el láser “hace foco”, el polvo se funde y “adquiere cuerpo”. Finalizado el proceso, simplemente hay que dejar enfriar y sacudir la pieza obtenida para quitarle el polvo “sobrante”, el cual podrá ser utilizado en otra fabricación.

“Debido a que el haz del láser es mucho más fino que la boca del extrusor, este sistema permite que las capas tengan un espesor de 28 micrones (0,028 mm.), lo cual mejora sensiblemente la calidad del producto”, comenta Cobelli.

Además de diferentes clases de polímeros plásticos, hoy el mercado ofrece

distintos tipos de polvos metálicos, lo que amplía las posibilidades de esta tecnología.

Pero el proceso de fabricación aditiva es, todavía, relativamente lento. Construir un objeto de pocos centímetros, capa por capa, puede llevar muchas horas. Esto resulta en que, hasta el momento, la impresión 3D solo sea útil para la producción de piezas únicas, o de prototipos que luego la industria tradicional podrá fabricar en serie.

No obstante, la historia puede estar cambiando. Porque un artículo publicado recientemente en la prestigiosa revista científica *Science* da cuenta de un nuevo método denominado CLIP (Interfaz de Producción Líquida Continua, por sus siglas en inglés) que, mediante la combinación de resinas líquidas, luz ultravioleta y oxígeno, logra obtener objetos hasta cien veces más rápido y con una calidad comparable a la de las técnicas preexistentes.

Comunidad 3D

Las nuevas tecnologías de impresión 3D se potencian diariamente a través



Bandoneones para todos y todas

"Cada vez es más difícil conseguir un bandoneón para comenzar a estudiar, porque hace setenta años que dejaron de fabricarse a gran escala y muy pocos lutieres los construyen actualmente", informa Julio Coviello, bandoneonista, compositor y arreglador de la Orquesta Típica Fernández Fierro, y asesor para el desarrollo de "Pichuco", un prototipo de bandoneón creado por la carrera de Diseño Industrial de la Universidad Nacional de Lanús, con piezas impresas en 3D.

Según Coviello, "la meta que se puso el Proyecto es ambiciosa: que llegue un Pichuco a cada escuela para que cualquier alumno tenga acceso a un bandoneón".

del llamado movimiento de código abierto, que hace públicas las especificaciones tanto del software como del hardware que son necesarios para construir, mejorar y/o hacer funcionar estos dispositivos.

De la misma manera, existen sitios que promueven el intercambio libre a través de Internet de archivos digitales de una infinita variedad de planos. Algunos de los más populares son thingiverse.com y grabcad.com.

Incluso, para reducir costos de logística, algunas empresas están permitiendo que sus clientes accedan a los planos 3D de los repuestos de sus productos mediante la Web.

También, el desarrollo de los escáners 3D –dispositivos que, a partir del análisis de un objeto, pueden generar un archivo digital de un plano tridimensional de ese objeto– posibilitó la fabricación de piezas ya existentes sin tener necesidad de volver a diseñarlas con un software CAD.

Entretanto, la comunidad RepRap (reprap.org) encabeza un proyecto que promueve la creación de una impresora 3D de bajo costo, y capaz de

replicarse a sí misma casi por entero. Como muchas de sus partes están hechas de plástico y RepRap imprime esas partes, podría, en principio, auto-replicarse. La iniciativa, empezada en 2004 en Inglaterra por Adrian Bowyer, y hoy extendida por todo el mundo, propone que si alguien tiene una RepRap, "puede imprimir una para un amigo".

Con la idea de "menos fábricas, menos necesidad de transporte de bienes, menos necesidad de dinero, más autonomía y más desarrollos tecnológicos locales", RepRap posee una licencia GNU, que permite copiar, distribuir y mejorar sus diseños y código fuente.

Revolución artificial

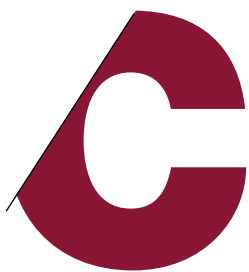
"La impresión 3D permite construir objetos que no se pueden fabricar en un taller", revela Cobelli. "Por ejemplo, en una sola operación puede hacerse una cadena con los eslabones ya unidos o, también, una caja herméticamente cerrada con otro objeto encerrado en su interior".

Las innumerables aplicaciones alcanzadas hasta el momento por esta

tecnología recorren todos los campos: prótesis médicas, joyas, productos comestibles, instrumentos musicales, armas de fuego, son algunos de muchos ejemplos. Desde hace pocos meses, mediante planos enviados por correo electrónico desde la Tierra, una impresora 3D fabrica herramientas y repuestos en la estación espacial que orbita nuestro planeta. En febrero de este año, el español Museo del Prado inauguró una muestra de pintura para invidentes con varios cuadros famosos impresos en 3D.

Una limitante de esta tecnología para el caso de los equipos de uso masivo es el espacio relativamente reducido de impresión del que se dispone (generalmente 20x20x20cm). No obstante, puede fabricarse un objeto de mayor tamaño a partir del ensamble de partes más pequeñas. La impresora 3D más grande del mundo hasta el momento –fabricada en China– permite un volumen de impresión de 12x12x12 metros.

Según Cobelli, esta tecnología "está cambiando el rol del tornero mecánico para transformarlo en un asesor calificado".



CLICK DE
CIENCIA

Foto: Diana Martinez Llaser



Rana de la Familia Hylidae, con técnica de transparentado que permite destacar, hueso, cartilago y musculatura. Laboratorio Biología de Anfibios-Histología Animal. DBBE-FCEyN-UBA.

HUMOR por Daniel Paz



CELF

Formando científicos latinoamericanos en el abordaje de problemas complejos

Jorge Aliaga

El ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCyT) creó el Programa “Centro Latinoamericano de Formación Interdisciplinaria” (CELF), primera iniciativa que posibilita la formación de científicos de la Argentina y Latinoamérica en el abordaje de problemas interdisciplinarios complejos. El programa se propone consolidar una política científica regional mediante la constitución de redes de interacción latinoamericana. El programa se ejecuta en Unidades CELFI, cada una de ellas dedicada a una temática interdisciplinaria específica considerada estratégica.

Para lograr estos objetivos, el programa CELFI impulsa dos tipos de acciones. Por una parte promueve la formación y actualización de investigadores de Latinoamérica a través de su participación en cursos y escuelas y fomenta la generación de problemas y enfoques novedosos a través de conferencias y reuniones de trabajo. La primera característica original del Programa es que cualquier investigador de Latinoamérica puede presentar propuestas de actividades a realizar en las unidades CELFI. La segunda consiste en que el programa financia y organiza las actividades seleccionadas, que deben tener una duración que podrá variar entre una semana y un mes con una carga horaria diaria intensiva. Es decir que el investigador propone y el programa se ocupa de la organización, sin entregar fondos ni demandar trabajo burocrático ni rendiciones. Una vez que la propuesta es seleccionada, el programa financia pasajes y estadía de los

docentes externos o disertantes de las actividades así como becas tanto para los alumnos que no residen en el área de la unidad CELFI como del resto de países de Latinoamérica.

Por otra parte, el programa CELFI impulsa el desarrollo de nuevas líneas de investigación en la temática específica de cada Unidad mediante el pago de becas para que investigadores visitantes que no residen en el área de la Unidad, y del resto de países de Latinoamérica, realicen estadías en esa unidad. El período de estadía mínima debe ser de quince días y el máximo de cuatro meses y las becas cubren gastos de pasaje y estadía. Los investigadores visitantes presentan un plan de trabajo a desarrollar durante su estadía en la unidad, con el aval de un investigador adscripto a la misma.

El programa está dirigido por un Consejo de Administración Académica (CAA) y cada Unidad es conducida por un consejero académico y por un consejero asesor, todos designados por el MINCYT y con carácter ad-honorem. Los consejeros académicos a cargo de cada Unidad se incorporan al CAA.

La primera de estas Unidades se denomina Ciencia de los Datos (CELF-DATOS) y la temática de investigación gira en torno al problema de la codificación y transmisión de la información en sus diversas vertientes: matemática (modelos y aplicaciones), computacional (codificación, procesamiento, transmisión), biológica (bioinformática, genómica y neurociencias), química, física, ciencias de la tierra, del océano y de la atmósfera.

La unidad CELFI-DATOS, con sede en la Ciudad Universitaria de Buenos Aires, conforma una asociación sinérgica con la Facultad de Ciencias Exactas de la UBA (Exactas-UBA), compartiendo el mismo ámbito con el Departamento de Computación, el de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, y el Instituto de Cálculo en el nuevo Pabellón Cero+Infinito. Se aprovecha que en Exactas-UBA, en donde también se ubican los departamentos de química, biología, física, matemática y geología, se encuentra la mayor concentración institucional de investigadores, responsables de alrededor del 15% de la producción científica de Argentina así como el 20% de los estudiantes del país que obtienen anualmente el título de Doctor.

El CELFI-DATOS ya cuenta con 40 investigadores, que tienen lugar de trabajo en el ámbito de la unidad y cultivan la ciencia de los datos, que se han adscripto al mismo. Esta adscripción es virtual, y los investigadores siguen revistando en el mismo departamento/instituto de pertenencia. Los investigadores adscriptos al Centro CELFI-DATOS trabajan en colaboración con los investigadores que lo visitan, ayudándolos a desarrollar sus agendas científicas, y colaborando con la organización de las diversas actividades.

Esta iniciativa del Ministro Lino Barañao ha sido considerada de interés por el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), quien ha otorgado un crédito de U\$S 10.000.000 para financiarla por cuatro años. ▀

▄▄ Jorge Aliaga fue hasta diciembre de 2015
▄▄ subsecretario de Evaluación Institucional del
▄▄ MINCYT y Presidente del CAA –Programa
▄▄ CELFI–.
▄▄ www.celfi.mincyt.gob.ar ▄▄



Nora Bär

Entre el caos y las ilusiones cognitivas

En pleno año de elecciones, uno no puede dejar de notar que, gane quien gane, el yerro de las encuestas ya es un clásico. Por alguna razón, es poco frecuente que las previsiones se verifiquen en el resultado final y, como suele bromearse acerca de los economistas, los encuestadores parecen tener más éxito... pronosticando el pasado.

Evidentemente, anticipar el resultado del voto resulta más difícil de lo que podría pensarse. Parte del problema radica en que, contrariamente a lo que se piensa, la decisión de favorecer a uno u otro de los candidatos no es una operación racional. El neurocientífico argentino Facundo Manes, especialista en los procesos de toma de decisión, suele subrayar que todo indica que el votante toma decisiones de forma peligrosamente parecida a la conducta irracional o inconsciente: más que en programas de gobierno, se basa en la cara o la apariencia de los candidatos, es muy resistente al cambio (aunque se le presenten argumentos convincentes) y realiza inferencias similares a las que utilizan los chicos.

Experimentos del científico búlgaro Alexander Todorov, del Laboratorio de Cognición Social y Neurociencias de la Universidad de Princeton, mostraron que el cerebro necesita apenas unos milisegundos para extraer una constelación de datos importantes de una cara, que esa primera impresión deja una huella perdurable en nuestras decisiones y que se pueden percibir las ideas de un candidato sin someterlas al juicio de la razón.

En *Un matemático lee el periódico* (Tusquets, 1996), John Allen Paulos se refiere a las predicciones fallidas acerca de procesos sociales con una mirada ácida e irónica: “Cuando al hojear periódicos atrasados veo análisis, comunicados oficiales y olvidados artículos llenos de ciencia infusa, me divierto un rato y a la vez me entran ganas de llorar –escribe–, pues parecen presuponer con frecuencia que los asuntos políticos y económicos, con un poco de inteligencia y tal vez algo de cálculo, son más o menos predecibles. La verdad es que son muy poco predecibles y hay sorprendentes razones matemáticas para que no lo sean”.

Según Paulos, un buen porcentaje de las aplicaciones y previsiones económicas y políticas es una “sucesión de tonterías llenas de fatuidad, con tantas garantías de dar en el blanco como el agricultor aficionado a la caza que tenía la pared del granero acribillada por impactos de bala, todos en el centro de sendos redondeles dibujados con tiza. Cuando le preguntaron cómo había adquirido tal puntería, el agricultor, que tal vez había leído a Ionesco, confesó que primero disparaba y a continuación dibujaba el círculo”.

La verdad, bromea el matemático, es que en esencia muchas previsiones sociales pueden reducirse a dos fórmulas: una es “las cosas seguirán más o menos como hasta ahora” y otra, “hasta que cambie alguna cosa”.

Para Paulos, la dificultad de modelar los procesos sociales se debe a que son sistemas no lineales (los que estudia la teoría del caos, donde se verifica

el efecto mariposa: un aleteo en China puede desencadenar un huracán en los Estados Unidos).

En *Bad Science* (Fourth Estate: Londres, 2008), Ben Goldacre introduce otro elemento. Subraya que nuestros cerebros son presa fácil de ilusiones cognitivas que pueden llevarnos a creer que sabemos cosas que ignoramos. En el capítulo “Por qué gente inteligente puede creer en cosas tontas”, nos recuerda que solemos confundir fluctuaciones normales con patrones significativos, o adjudicar causalidad a eventos puramente casuales.

Los seres humanos, afirma, solemos sobrevalorar la información positiva y buscar confirmación que convalida nuestras creencias. Nuestra evaluación de nuevas evidencias está sesgada por creencias previas. Nuestra atención siempre se dirige hacia lo excepcional e interesante, lo dramático y lo que está asociado con emociones fuertes. Y también tendemos a creer que las características positivas se asocian: las personas atractivas también tienen que ser buenas, y los generosos, inteligentes. Todas estas inclinaciones pueden guiarnos hacia conclusiones erróneas.

Por ahora, nuestros comportamientos individuales y sociales desafían la lógica científica. Como dice David Eagleman en *Incognito. The Secret Lives of the Brain* (Pantheon, 2011): “Si nuestro cerebro fuera tan simple como para ser comprendido, no seríamos suficientemente inteligentes como para entenderlo”. 



ÁREA DE
POPULARIZACIÓN
DEL CONOCIMIENTO
Y ARTICULACIÓN
CON LA ENSEÑANZA MEDIA

La Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires cuenta con un Área de Popularización del Conocimiento y Articulación con la Enseñanza Media.

EL AREA DE POPULARIZACION



EQUIPO DE POPULARIZACIÓN DE LA CIENCIA (EPC-EXACTAS)
 Exactas coordina programas de cultura científica destinados a la zona media como

EQUIPO DE PROFESORES DE LA CIENCIA (EPC-EXACTAS)
El EPC-Exactas coordina programas y actividades de cultura científica destinados tanto a escuelas de enseñanza media como a público en general.

DIRECCIÓN DE ORIENTACIÓN VOCACIONAL (DOV-EXACTAS)
 Exactas brinda información para la elección de una

DIRECCIÓN DE VOCACIONAL (DOV-EXACTAS)
La DOV-Exactas brinda información y asesoramiento para la elección de una carrera universitaria.
Organizan programas y actividades que ayudan a las carreras de

<http://exactas.uba.ar/dov/>
facebook.com/DovExactasUBA/



**MÁS INFORMACIÓN,
CONSULTAS E INSCRIPCIONES**
Extensión: Cultura Científica y B
Bollón II Tel 4576-33
Escarlatas

**MÁS INFORMACIÓN,
CONSULTAS E INSCRIPCIONES**
Secretaría de Extensión, Cultura Científica y Bienestar
Ciudad Universitaria, Pabellón II Tel 4576-3399/2337
internos 37 (EPC-Exactas) y 43 (DOV-Exactas)
popularizacion@de.fcen.uba.ar | dov@de.fcen.uba.ar
www.exactas.uba.ar/media



¿Por qué las cucarachas mueren con las patas para arriba?

Responde el doctor Raúl Alzogaray, del Centro de Investigaciones de Plagas e Insecticidas (CIPEIN-UNIDEF-CONICET)



Mechanoid Dolly/Flickr

En nuestro laboratorio criamos cucarachas y otros insectos que usamos para hacer experimentos. Y responder por qué mueren boca arriba, requirió un ejercicio de observación, la colaboración de mi tesista y el aporte de Claudio Lázzari, uno de los mejores fisiólogos de insectos del planeta.

Pusimos diecinueve cucarachas adultas en una caja. En los días siguientes fuimos anotando la posición de los cuerpos a medida que morían. Trece cucarachas quedaron patas para arriba; dos, de costado y cuatro, boca abajo. Todas tenían las patas contraídas debajo del cuerpo. Debido a esta contracción, las cuatro que estaban boca abajo adoptaron una posición rara: el cuerpo formaba un ángulo de unos cuarenta y cinco grados con el piso, de modo que la cabeza tocaba la hoja de papel y el extremo del abdomen apuntaba al cielo.

Según conceptos básicos de la física, para que un cuerpo se mantenga en equilibrio la vertical de su centro de gravedad debe caer dentro de la base de apoyo. En un insecto, la base de apoyo es el área limitada por los puntos en que sus patas tocan el suelo. Una hipótesis es que cuando las patas del insecto se contraen, el centro de gravedad queda fuera de la base de apoyo, el cuerpo pierde el equilibrio y cae. Si el cuerpo fuera grueso, tendería a quedar de costado; como no lo es, suele terminar patas para arriba.

¿Por qué se contraen las patas de los bichos muertos? Las patas de los insectos muertos se contraen porque sus músculos se deshidratan y entonces se acortan. Sin embargo, los bichos de patas muy cortas suelen quedar boca abajo, porque, aunque sus patas se contraen, la base de apoyo cambia poco y la vertical del centro de gravedad permanece dentro de ella.

Las cucarachas no siempre quedan patas para arriba cuando mueren. Si la superficie del suelo es irregular, las patas contraídas se acomodan en las irregularidades y esto impide que los cuerpos pierdan el equilibrio.

¿Por qué los girasoles siempre miran al sol?

Responde la doctora Irene Baroli, del Laboratorio de Fisiología Vegetal, del Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental de Exactas-UBA.

En los campos de girasol (*Helianthus annuus*), las flores, que en realidad son inflorescencias (conjuntos de flores) llamadas capítulos, suelen estar siempre de cara al sol. Al amanecer ya miran al Este, y al atardecer apuntan al Oeste, siguiendo la trayectoria del astro. Durante la noche vuelven a mirar al oriente, y así están listas para recibir los primeros rayos. Este movimiento se da en las hojas y en la inflorescencia que todavía no ha madurado. Cuando las flores se abren en espera de los polinizadores (la antesis), el ápice de la planta deja de moverse, y la inflorescencia se fija en el Este hasta que maduran las semillas. Pero las hojas continúan con su circuito diario.

Este cese del movimiento de los capítulos en el verano puede haber sido seleccionado durante la evolución debido a que la alta temperatura que genera el sol de frente en la tarde puede afectar el desarrollo de las semillas durante su maduración. Asimismo, mirar al Este por la mañana facilita la evaporación de la humedad del rocío nocturno.

Ese seguir el movimiento aparente del sol fue denominado heliotropismo por el biólogo suizo Augustin Pyramus de Candolle, a principios del siglo XVIII. Posteriormente, Charles Darwin, también interesado por el fenómeno, realizó experimentos con la germinación de semillas, y observó que los tallos que nacían se curvaban en dirección hacia la luz. Esta orientación hacia la luz durante el desarrollo de la planta es el fototropismo, mientras que el heliotropismo es un movimiento cíclico, cada 24 horas; y puede ser considerado una forma de fototropismo.



Jacinta Lluch Valero



100% cerebro

Secretos y misterios que hay en tu cabeza

Pedro Bekinschtein

Buenos Aires, Ediciones B: 2015
256 páginas
ISBN: 978-987-62-7525-5

“No importa cuánto se haya escrito sobre el tema: este libro es único”, reza la contratapa, y acierta. Bekinschtein aborda un popurrí de asuntos que atañen a nuestro cerebro y a su producto: la mente. Cada cuestión tratada se anticipa con una pregunta y se resuelve con experimentos que deciden, blanco sobre negro, cómo funciona eso en nuestras cabezas. La colección de temas es apropiada, y el conjunto logra una pintura abarcadora del estado de conocimiento actual.

Pero lo más notorio en este libro no es el contenido sino el modo en que se desarrolla. La claridad expositiva es solvente, aunque mucho más se destaca el modo en el que el autor se expresa y por eso es un libro único. La prosa es ácida, aguda, desprejuiciada y desenfadada. Si a usted le gusta que le expliquen las cosas como se las explicarían sentado en la mesa de un bar o en una reunión de amigos, este libro es el indicado.

El relato lleno de humor, de ocurrencias inesperadas, de opiniones de peso que no se ahorraría un amigo en una charla en confianza... eso es lo que *100% cerebro* le ofrece y es seguro que será otro motivo de enganche para que usted no se pierda una sola página.



El telescopio de las estrellas

El Hubble, los enormes observatorios y la astronomía del siglo XXI

Daniel Golombek

Buenos Aires, Siglo Veintiuno: 2015
176 páginas
ISBN: 978-987-62-9554-3

Daniel Golombek es físico de la UBA. Siendo muy joven viajó a Estados Unidos y se incorporó al proyecto más ambicioso de la astronomía: colocar un telescopio gigante orbitando la Tierra para poder mirar el cielo desde más arriba de la atmósfera, que nos nubla la visión del más allá. El Hubble se lanzó al espacio en 1990 y la contribución que ha hecho a la ciencia, a la astronomía y a cosmología fue –y sigue siendo– enorme y, valga la redundancia, astronómica.

Pero la aventura de este loco proyecto es una historia aparte, y es la historia de este libro. Desde la concepción de la idea, la concreción del sueño, la maravilla de los descubrimientos buscados, la sorpresa por los hallazgos inesperados... la tranquilidad de una prestación de servicio al conocimiento desparpado generosa y democráticamente para todo el mundo.

El Hubble tiene el tamaño de un ómnibus, orbita dando una vuelta completa a la Tierra cada hora y media, apunta su ojo hacia objetos celestes con una precisión comparable a acertarle con rayo láser a una moneda de un peso distante 450 kilómetros. Ni la aventura ni el libro tienen desperdicio.



Qué es la memoria

Rodrigo Quian Quiroga

Buenos Aires, Paidós: 2015
184 páginas
ISBN: 978-950-12-0320-2

Todo el mundo sabe lo que es la memoria. Pero lo que seguramente no sabe es todo lo que este libro le cuenta acerca de los mecanismos cerebrales que hacen, que fabrican la memoria. Y menos aún la cantidad insospechable de derivaciones que surgen de repensar qué es la memoria desde nuestros conocimientos actuales.

¿Los animales y androides tienen recuerdos como nosotros? ¿Sus memorias les permiten ser conscientes de su propia existencia? ¿Puede una computadora o un robot tener sentimientos? ¿Cómo hacen las neuronas para guardar y evocar información? ¿Se puede cuantificar la cantidad de memoria que almacena nuestro cerebro? ¿Es el olvido una virtud? ¿No es la memoria otra cosa que la identidad?

Con su segundo libro para todo público Rodrigo Quian Quiroga (descubridor de las neuronas de Jennifer Aniston) se consagra como divulgador científico. Logra un discurso atrapante, claro, preciso, didáctico. Construye una línea de pensamiento en la que es imposible perderse y dejar de prestar atención.

Con sobria y exquisita erudición el autor nos demuestra que los neurocientíficos de la actualidad han tomado la antorcha de la filosofía en la búsqueda de las respuestas a las preguntas más caras de la humanidad.

Edición de Electromagnetismo elemental, de Juan G. Roederer

Iván Sidelnik

Electromagnetismo Elemental

Juan G. Roederer

Buenos Aires, EUDEBA: 2015

419 páginas

ISBN: 978-950-23-2443-2

En la década de 1960, el Centro de Estudiantes de la Física, Matemática y Meteorología de la Facultad de Ciencias Exactas distribuía entre los estudiantes y docentes una copia a máquina y con dibujos a mano alzada de las desgrabaciones de las clases del profesor Juan G. Roederer. ¿El título?, “Electromagnetismo aplicado”. La particular riqueza del contenido del apunte lo hizo circular entre las posteriores camadas de estudiantes. A través de los años, la vigencia de las fotocopias de “el Roederer de electromagnetismo” impuso, casi naturalmente, la necesidad de una buena edición.

En el año 2010, en Malargüe, Mendoza se celebraba una de las reuniones anuales de la Asociación Física Argentina. En una cena realizada entre los organizadores y el ya mítico profesor Roederer, luego de los postres, durante una caminata en las frías calles de Malargüe, le propusimos a Roederer transformar sus viejos apuntes de electromagnetismo en un libro del calibre de su gran best seller, *Mecánica Elemental*. Sin dar cuenta del frío reinante, seguramente curtido por el clima de su residencia en Alaska, Roederer se entusiasmó con la idea. Ahí empezó el proyecto de reedición de *Electromagnetismo elemental*.

Conformamos un grupo de trabajo constituido por amigos de la Facultad, nos contactamos con la editorial EUDEBA y mantuvimos contacto con Roederer por correo electrónico, primero, y videoconferencias, después. Dado que el grupo de trabajo manejaba con gran solvencia el lenguaje científico necesario para este tipo de textos a la vez que tenía muy claro el objetivo final, la sinergia que se produjo con Roederer fue muy productiva. El licenciado en física Alejandro Sztrajman, desde Buenos Aires donde trabajaba en su doctorado, y yo, desde Bariloche donde lo hacía en mi posdoctorado, coordinamos el proyecto. El licenciado en física Darío Rodrigues y la alumna de la carrera Elizabeth Fons trabajaron cuidadosamente en la corrección, compaginación y revisión del texto mientras que el graduado en física Daniel Cartelli fue quién preparó todas las figuras.

¿El resultado final? Un libro de texto en el cual Juan Roederer trata temas básicos de electricidad, magnetismo, y circuitos de corriente continua y alterna –fundamentales en física e ingeniería– con el mismo enfoque de *Mecánica Elemental*; es decir, diciendo mucho más de lo que queda escrito, dado que las explicaciones

conceptuales son de mucha profundidad y rigurosidad. La composición de figuras y de fórmulas se vio grandemente beneficiada por la multiplicidad actual de recursos de diseño gráfico, con lo cual el resultado estético fue excelente. Si bien, obviamente, el electromagnetismo elemental no ha cambiado, los apuntes originales contenían un último capítulo de electrónica dedicado a válvulas, termistores y dispositivos históricamente previos al transistor. Por lo tanto nos surgió la idea de convocar al, por entonces, decano de Exactas y profesor del Departamento de Física, el doctor Jorge Aliaga, quien se caracterizó como docente por su gran experiencia y solvencia en la materia Electrónica. Aliaga adaptó sus apuntes de clase a la impronta del resto del libro y, así, quedó plasmado un novedoso último capítulo.

Durante cuarenta años, miles de estudiantes gastaron las hojas de su *Mecánica elemental*, un libro que siempre hay que volver a leer. Hoy, se sumará otra perla a la vida de físicos y físicas involucrados en la docencia: el *Electromagnetismo elemental* de Roederer.





¿Cómo acercarte a la ciencia en tres pasos?



1 visitá

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

2 sumate

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



3 seguinos

por Twitter a través de [@nex_ciencia](https://twitter.com/nex_ciencia)

nexciencia.exactas.uba.ar



Adrián Paenza

El problema de la montaña

El siguiente problema es verdaderamente fascinante. Si uno lo quiere abordar en forma directa creo que se enfrentará con múltiples complicaciones. En cambio, si uno puede ingeniar para pensarlo desde otros ángulos, es un problema no sólo sencillo sino verdaderamente muy fácil.

Aquí va: una persona está al pie de una montaña. La montaña tiene un sólo camino hacia la cumbre. El señor decide escalarla y sale a la cero hora del día lunes (o sea, a la medianoche del domingo). No importa la velocidad a la que asciende ni lo que hace en el trayecto (incluso puede parar o bajar, si quiere), pero lo que se sabe es que 24 horas más tarde el señor está en la cumbre. O sea, a la medianoche del lunes seguro que llegó a lo más alto.

Ahora bien: una vez arriba, se queda un tiempo allí (no importa cuánto), digamos seis días, y exactamente a la medianoche del siguiente domingo, o sea la cero hora del lunes, comienza el descenso. Igual que antes, no importa de qué forma camina hacia abajo (por la única ruta que existe) y, como la semana anterior, puede parar para descansar, o subir un poco... en definitiva, es libre de hacer lo que quiera. Pero, lo que sí se sabe, una vez más, es que a la medianoche del lunes, 24 horas más tarde, ya está abajo.

El problema consiste en lo siguiente: probar que existe al menos un lugar en donde el hombre estuvo a la misma hora, tanto al subir como al bajar.

Lo planteo de otra forma. Convénzase de que no importa cómo haya hecho para subir o para bajar, tiene que haber al menos un lugar en el camino que une la base con la cima, por el que el señor pasó en el mismo horario tanto a la ida como a la vuelta.

Por ejemplo, si el señor recorriera la mitad del trayecto en 12 horas, esto significaría que a las 12 del mediodía estará en el mismo lugar al subir y al bajar. Obviamente, esto es solo un ejemplo, ya que como el hombre tiene total libertad para la ida como para la vuelta, no tiene por qué recorrer la mitad del trayecto en 12 horas. Úselo, si le parece,

como una manera de fijar las ideas de lo que escribí más arriba.

Solución

Estoy seguro de que este problema debe tener muchas maneras de abordarlo. Yo voy a presentar una, que es la que me queda más cómoda, pero valdrá la pena que usted le dedique tiempo sin leer lo que sigue. Parece muy complicado, porque como uno no sabe qué hizo el hombre ni al subir ni al bajar (ya que pudo haberse quedado descansando horas, subir, bajar, volver a subir, volver a bajar, etc.), ¿cómo hacer para contestar el problema en todos los casos? Veamos el gráfico:

¿Qué tendrán que ver las figuras 1, 2 y 3 con el problema? Más aún: ¿qué tendrá que ver este problema con “la matemática”?

Hagamos de cuenta que en lugar de un solo señor, hay dos. Uno sale desde abajo hacia arriba, y el otro, al revés, de arriba hacia abajo. En la figura 1, se ve al primero, y en la figura 2, al segundo. Lo que está representado, por un lado, es el tiempo que van recorriendo (en el segmento horizontal de cada rectángulo) y la altura en la que se encuentran en cada momento está representada por el segmento vertical. Ambos salen a la cero hora del lunes y llegan a las 24 a destino. Eso sí: como los dos usan el mismo camino, en algún momento del recorrido se van a tener que encontrar! (y esto es lo que muestra la figura 3). Es que más allá de lo que hagan durante el trayecto (descansar un poco, subir, bajar, quedarse en un lugar durante mucho o poco tiempo... no importa), como uno sube y el otro baja, tiene que

haber al menos un lugar de la montaña en la que se tropiezan uno con otro. ¡Y eso es lo que necesitábamos!

¿Por qué? Porque esta forma de pensar el problema, permite resolver lo que había planteado originalmente. ¿Cómo usar este modelo entonces para el caso que nos ocupa? Bueno, recién suponíamos que había dos señores, uno que subía y otro que bajaba, pero el mismo día. De hecho, si ahora tomáramos el problema original, y en lugar de dos hombres hay uno solo, lo que acabamos de ver demuestra que tiene que haber alguna altura de la montaña (al menos una) en donde el hombre pasó al subir y al bajar a la misma hora! Y justamente eso, era lo que queríamos demostrar.

Por último, ¿qué tiene que ver esto con la matemática? Es que con la figura 3 uno ve que como las dos curvas que representan las trayectorias son continuas y unen, una de ellas, el extremo superior izquierdo con el inferior derecho, y la otra, el inferior izquierdo con el superior derecho... Esas dos curvas se tienen que cortar por lo menos una vez! Y eso es justamente lo que me hacía falta para demostrar lo que queríamos.

Lo que este problema enseña es que si bien el planteo original lo exhibe como muy complicado y difícil para pensar, puesto de la otra forma, parece una tontería. El objetivo entonces es entender que muchas veces vale la pena pensar distinto, desde otro ángulo. Hay veces que una dificultad, por más inaccesible que parezca, ofrece otra forma de mirarla que la transforme en algo muy sencillo de resolver. Es sólo cuestión de paciencia y entrenamiento.



Figura 1

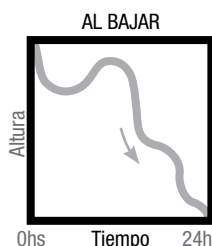


Figura 2

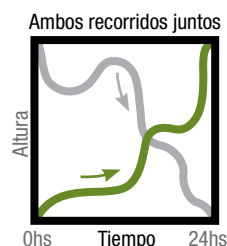


Figura 3

La ciencia por los suelos

José Sellés-Martínez / pepe@gl.fcen.uba.ar

Hace un tiempo (en la *EXACTAMENTE* N° 50) titulamos el artículo correspondiente a esta serie “El arte por las nubes”; parafraseando ese título y siguiendo con los juegos de palabras hemos titulado el de este número “La ciencia por los suelos”. ¿Qué queremos decir con ello? En este caso el término “por” puede interpretarse tanto como una indicación del lugar donde por alguna razón podría estar la ciencia (los suelos), pero también como una señal de que la misma esta a favor de ellos. Este último es, lógicamente, el sentido del título y el objetivo de la nota es poner de relieve la circunstancia que 2015 ha sido instituido como el *Año Internacional de los Suelos* por las Naciones Unidas como un modo de llamar la atención acerca de la complejidad y fragilidad del suelo.

El término “suelo” es fuertemente polisémico, es decir significa distintas cosas en distintas situaciones. No es lo mismo el suelo para un ingeniero, un agrónomo o un geólogo. Como siempre, el objetivo de una definición y de una clasificación condicionan a éstas, y eso es lo que pasa también en este caso. Al ingeniero le interesa el suelo como superficie de apoyo, su cohesión, sus propiedades mecánicas. Al ingeniero agrónomo le preocupan las posibilidades de que el suelo pueda sostener una determinada producción, en qué condiciones y con qué

rendimientos. Al geólogo le preocupan los materiales que lo constituyen, su mineralogía, su proveniencia, e incluso su edad. Hay suelos que se han conservado “fósiles” en el registro geológico y en ese caso se habla de “paleosuelos”. Pero podríamos decir que el suelo es, además, un concepto cultural. Se habla del “suelo natal” e, incluso, del “suelo patrio”. ¿Cuál es la emoción que subyace en el aria de La Traviata “di Provenza el mar y el suol”? ¿No besaba el papa Paulo VI el suelo de los lugares a los que llegaba en señal de amor y respeto?

La importancia de los suelos

Los suelos, según el consenso recogido por la FAO (Food and Agriculture Organization, por sus siglas en inglés), constituyen la base que da sostén y alimento a la vegetación, de la que se extraen alimentos, materias primas, combustibles y productos medicinales, por citar algunos de sus productos y albergan también una enorme porción de la biodiversidad, con multiplicidad de organismos ligados a él. Sin embargo, el suelo no es eterno. Por el contrario es un ente sumamente frágil, sus nutrientes se agotan, sus características físicas cambian muy rápidamente y, en determinadas condiciones, un suelo que tardó miles de años en desarrollarse puede desaparecer en muy pocos años por un uso equivocado del mismo.

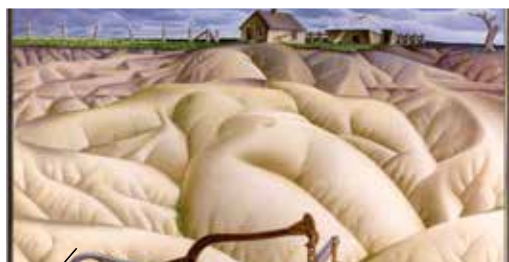
El estudio del suelo ha adquirido actualmente una gran complejidad y colaboran en él científicos y profesionales provenientes de las más variadas disciplinas, que se reúnen en disciplinas con identidad propia: la *edafología* y la *pedología*. Algunos autores consideran estos términos como sinónimos, mientras otros, diferencian la *pedología*, con una mirada centrada exclusivamente en el suelo, mientras la *edafología* presta más atención a las relaciones entre los subsistemas cuya intersección constituye el suelo (geósfera, atmósfera, hidrósfera y biósfera).

Como dato histórico podríamos señalar que, el siempre presente Charles Darwin fue el primero en abordar el estudio del suelo como tal y en definir su complejidad y la importancia de las relaciones entre sus componentes bióticos y abióticos del mismo.

Pero... ¿y el arte?

Toda una generación de artistas de los Estados Unidos se sintió profundamente conmovida por la destrucción del suelo, iniciada con las malas prácticas agronómicas y que la gran sequía de la década del 1930 llevó a su clímax, generándose el concepto “the dust bowl” (*el tazón de polvo*) para caracterizar la zona afectada, tales eran las nubes de polvo que los vientos levantaban.

En nuestro país la artista Teresa Pereda se ha ocupado en diversas ocasiones del tema suelo generando, entre otras obras, un libro denominado *El libro de las cuatro tierras*, con suelos provenientes de Córdoba, Buenos Aires, Misiones y Neuquén. El color del papel se ha logrado incorporando a la pulpa de algodón partículas del suelo y, como los cuadros anteriores, la obra constituye un canto de amor al suelo y un grito de advertencia acerca de su destrucción.



La obra de Alexander Hogue es particularmente expresiva respecto a la destrucción del suelo y su causa. Obra: *Mother Earth Laid Bare*.



Páginas interiores del “Libro de las cuatro tierras” de Teresa Pereda.

CIENTIFICOS

INDUSTRIA ARGENTINA



El programa de Ciencia sigue en la televisión pública, con nuevos informes, secciones y columnistas

CON ADRIÁN PAENZA

**SÁBADOS
11.30 Hs.**

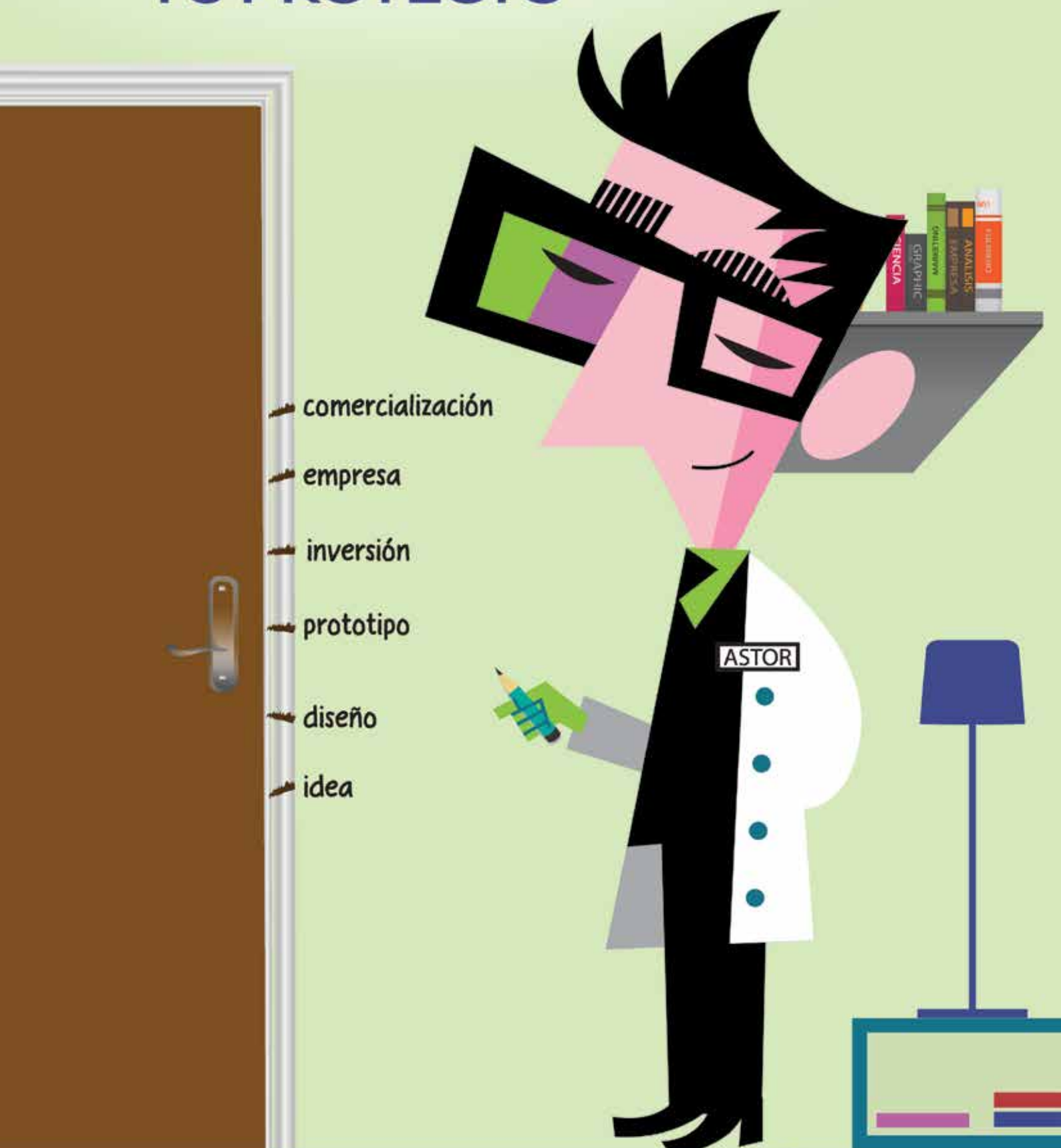


TV Pública

www.tvpublica.com.ar



JUNTOS HACEMOS CRECER TU PROYECTO



Más información :



www.incubacen.exactas.uba.ar



@incubacen



/incubacen