

Año 23 | N° 60 | junio 2016

ISSN papel: 1514-920X

ISSN en línea: 1853-2942

EXACTAMENTE

EX
m

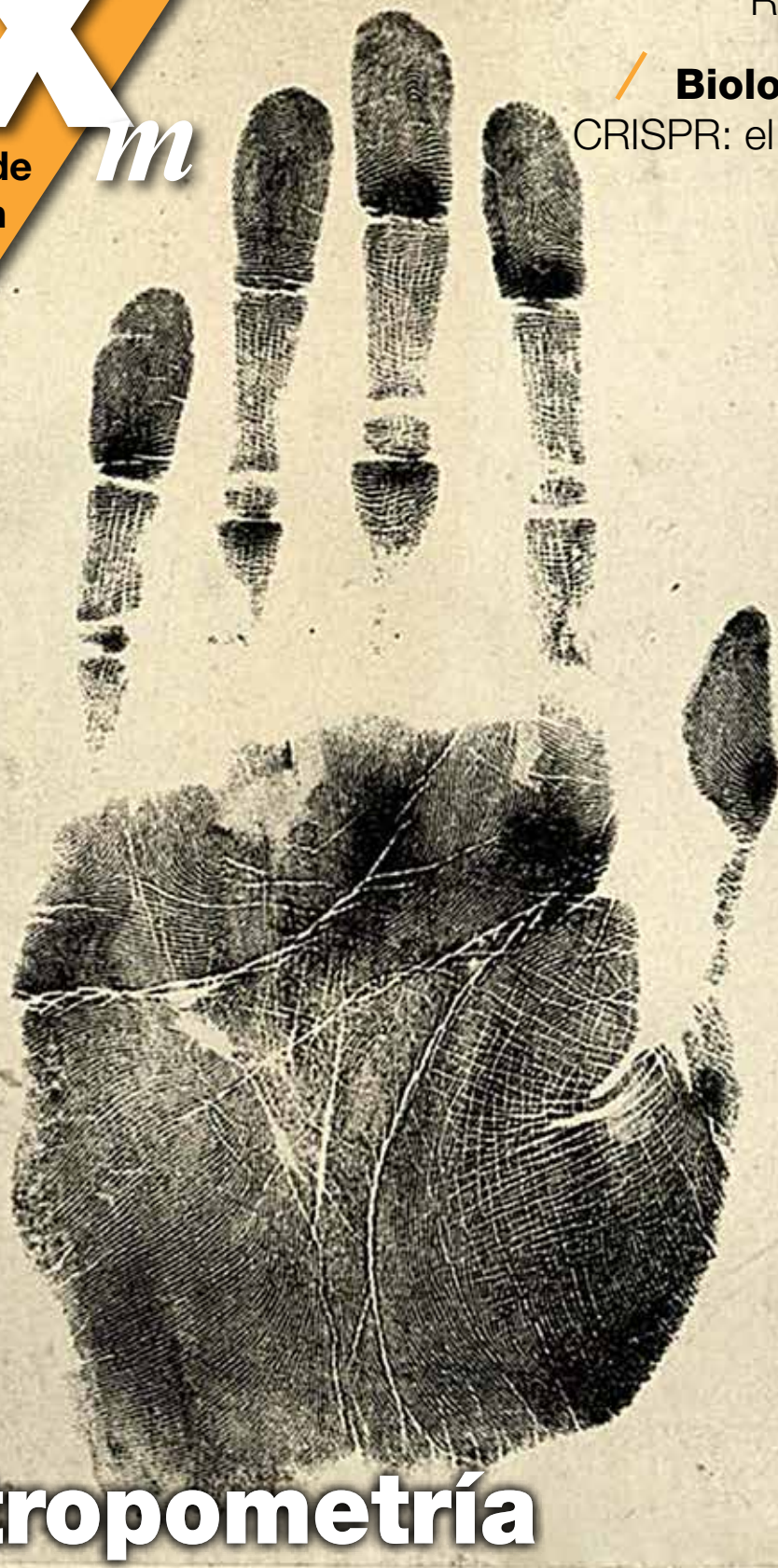
La revista de
divulgación
científica

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

/ **100 años**
de la Teoría General de la Relatividad

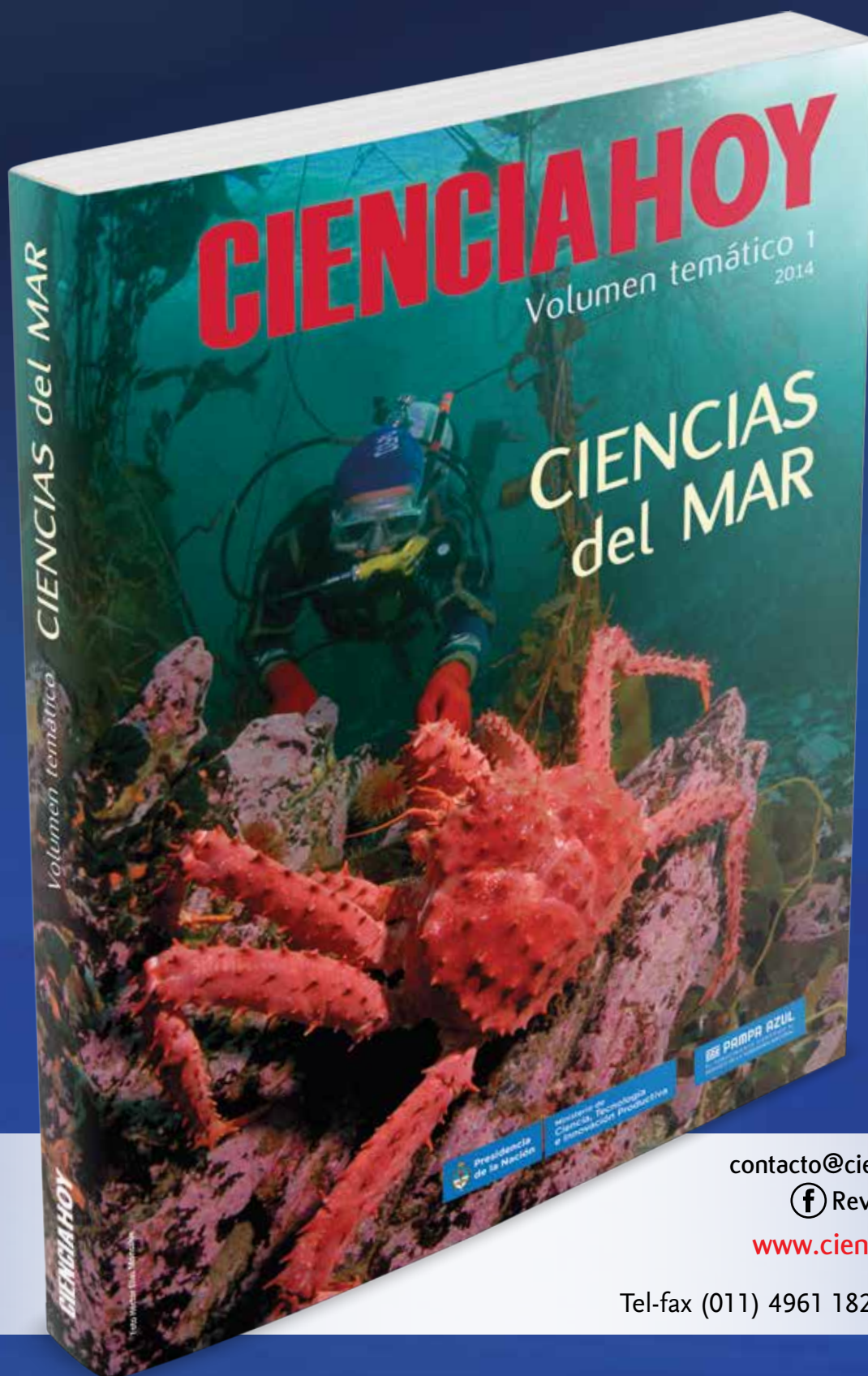
/ **Informática**
Robots voladores

/ **Biología molecular**
CRISPR: el editor de genes



Antropometría
El tamaño importa

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, 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

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 - Ana Belluscio

Romina Carnevale - Rodrigo Laje

Esteban Feuerstein - Santiago Ceria

Corrección:

Florencia Campana

Diseño:

Pablo G. González, Federico de Giacomini

Fotografía: Diana Martínez Llaser

Impresión:

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

Foto de tapa:

Fingerprints de William James Herschel



EDITORIAL

Preocupados

Los científicos argentinos no son meros usuarios de los recursos del sistema científico nacional, ni los estudiantes de ciencias simples beneficiarios del sistema educativo que los forma. Antes bien, son custodios de un bien público: el lugar en el mundo que la Argentina puede sostener en el marco de la empresa científica global. Es un bien de todos los argentinos, que no solamente lo financian fundamentalmente con sus impuestos sino que lo pueden utilizar cuando lo requieran, o cuando lo necesiten, o cuando –simplemente– vivan mejor gracias a su existencia aún sin saberlo concretamente.

Pero este bien público no depende exclusivamente de los fondos que los gobiernos destinan para sustentarlo: subsidios, becas, cargos, etcétera. Depende significativamente de una política macroeconómica en la cual una carrera científica tenga sentido de ser: un proyecto industrializador en el cual el desarrollo tecnológico sea un incentivo de crecimiento, de superación, de bienestar, de rédito.

Un buen porcentaje de los científicos más renombrados del país (muchos de ellos docentes en nuestra casa) está muy preocupado por el rumbo de modelo de país que el actual gobierno

está llevando adelante en el que la pequeña industria se está achicando peligrosamente y en el que el perfil industrial parece privilegiar el bajo costo trasnacional al desarrollo local, menos aún su fortalecimiento.

Es que no basta con formar con excelencia un físico, un ingeniero, un geólogo, un químico, un biólogo, si al terminar sus estudios no le ofrecemos una salida laboral con la que pueda devolvernos la enorme inversión que significaron (para todo el pueblo) sus estudios. El proyecto de vida en el país que lo formó es una parte importantísima de todo el esfuerzo.

Es para festejar que elijan doctorarse o especializarse en el exterior, y que puedan hacerlo. Pero sabemos que querrán volver para estar cerca de sus seres queridos y porque más que menos aman su patria. Sin un país que los necesite, no podremos esperar menos que una reducción drástica en la matrícula de los estudiantes de ciencia... y eso nos preocupa.

Ricardo Cabrera
Director de EXACTamente

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>

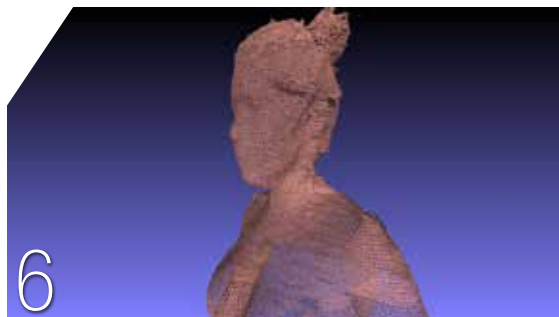
Vías de contacto

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.



3 Editorial

6 Antropometría
Cuando el tamaño importa

10 Física y neurociencia
La pista del mandarín

14 C3
El centro cultural de la ciencia

18 Panorama
Cien años de la Teoría General de la Relatividad

22 Bits
Humor

23 Bitácora
Claudia Marsicano

28 Informática
Robots voladores

33 Biología molecular
CRISPR: el editor de genes

36 Salud
Epidemia de dengue

40 Blogs
El gato y la caja

43 Política científica

45 Paenzamientos

46 Biblioteca

47 Preguntas

48 Artes

50 Bär de ciencia

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

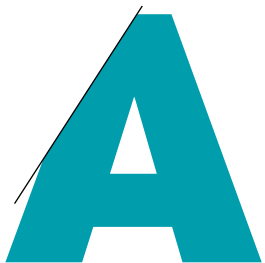
Encontrá los
contenidos
de la revista
y bajala en
el formato
que prefieras



EXACTAmente en todos lados



revistaexactamente.exactas.uba.ar



ANTROPOMETRÍA

Proporciones humanas

Cuando el tamaño importa

Medir las dimensiones del cuerpo humano nos obsesiona desde hace milenios. Al principio, fue una práctica con fines artísticos y arquitectónicos. En el siglo XIX, se usó para identificar criminales. Actualmente, conocer las medidas de la población es una herramienta esencial para la industria de un país y para la salud de sus habitantes. La Argentina inició ese camino.

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

Hubo algún momento, en los principios de su historia, en el que el hombre necesitó medir longitudes. Tal vez, la primera vez haya sido cuando tuvo que delimitar un terreno. Quizás fue después, cuando tuvo que hacer los cálculos que requieren la construcción de un palacio o un templo.

En cualquier caso, debió establecer unidades de medida que rigieran para toda la comunidad y, para ello, eligió algunas partes del cuerpo. El codo, la distancia que media entre esa articulación y el final de la mano abierta, fue una de ellas. El pie, dimensión que aún subsiste en el sistema anglosajón de unidades, fue otra.

Los primeros artistas también necesitaron medir longitudes, porque dibujar una figura humana les exigía establecer proporciones entre las distintas partes del cuerpo.

Se cree que la palabra latina *canon*, que en el mundo del arte establece las proporciones ideales del cuerpo humano, tiene su origen en *Qanu*, una medida utilizada

hace más de 4000 años por los sumerios –la primera civilización–. Esa medida fue creada a partir de criterios sustentados en las proporciones antropométricas. El canon más antiguo acerca de las proporciones del hombre se encontró en una tumba de las pirámides de Menfis, en Egipto, y data del año 3000 a.C. Para los pintores egipcios, la altura de una figura humana debía ser 18 veces el tamaño de su puño (dos puños para el rostro, diez desde los hombros a las rodillas y seis desde éstas hasta los pies).

Pero para algunos griegos del siglo V a.C., como el escultor Policleto, la altura perfecta de una figura humana debía tener siete veces el alto de la cabeza.

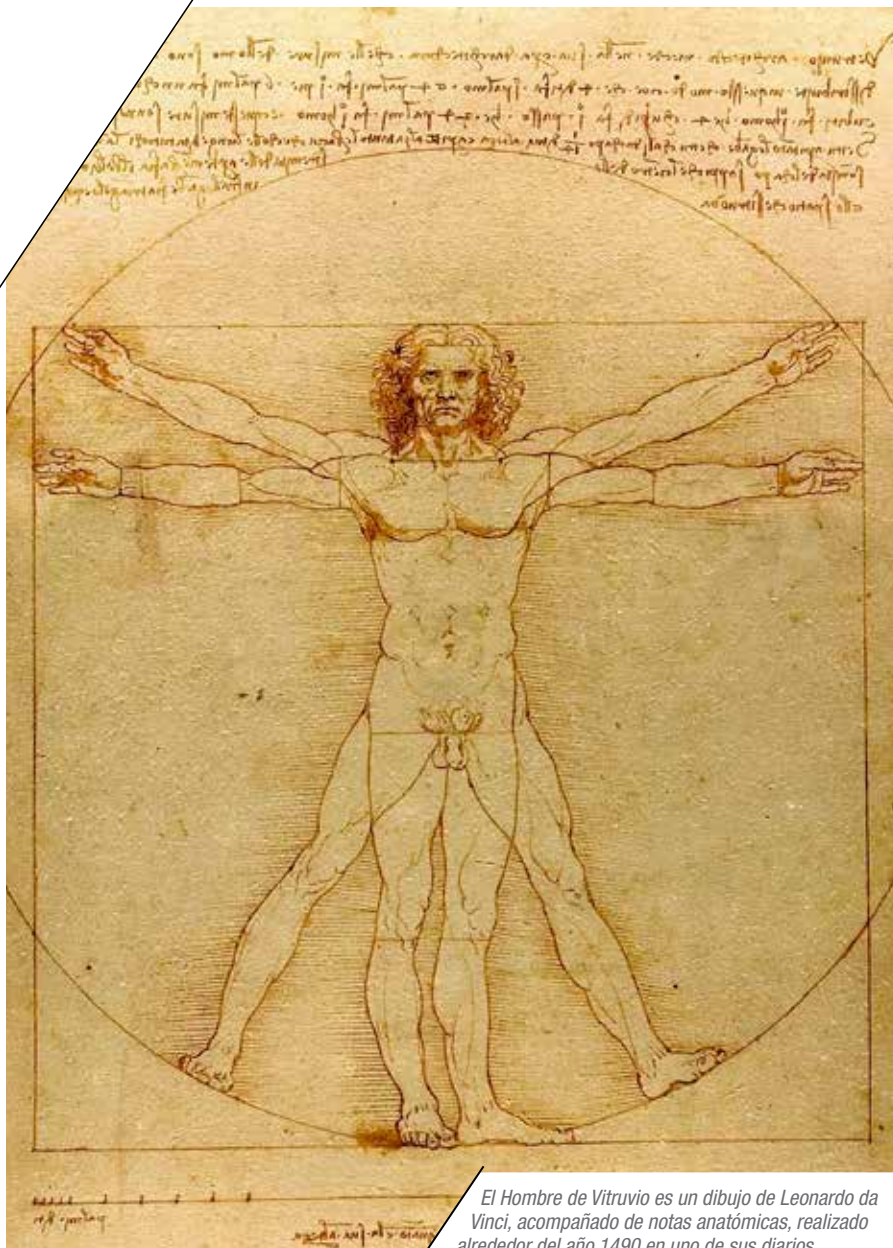
Un estudio pormenorizado de las relaciones entre las medidas de las diferentes partes del cuerpo humano, efectuado por el arquitecto romano Marco Vitruvio durante el siglo I a.C., le sirvió a Leonardo da Vinci para dibujar, a finales del siglo XV, la famosa figura de un hombre circunscripto por un círculo y un cuadrado, denominado *Canon de las proporciones humanas* o, también, el *Hombre de Vitruvio*.

Los ejemplos acerca de la búsqueda de parámetros significativos para representar el cuerpo de un hombre abundan a lo largo de toda nuestra historia. No obstante, se considera que la antropometría como ciencia que estudia las medidas del cuerpo humano nace en 1870 con la publicación de *Anthropométrie*, del matemático belga Adolphe Quetelet, creador del Índice de Masa Corporal (IMC) que se utiliza actualmente para evaluar el estado nutricional de las personas.

No da el “piné”

El descubrimiento de pueblos en zonas lejanas de Asia y América había despertado el interés de los antropólogos del siglo XVIII, quienes ya habían dado los primeros pasos en la antropometría para tratar de encontrar y describir “particularidades raciales”.

Pero Quetelet, que se había especializado en estadística, consiguió cuantificar nociones abstractas. Por ejemplo, su trabajo posibilitó definir la “talla de una población”. De la misma manera, por medio del IMC, el belga logró establecer



El Hombre de Vitruvio es un dibujo de Leonardo da Vinci, acompañado de notas anatómicas, realizado alrededor del año 1490 en uno de sus diarios.

un número que permitió diagnosticar si una persona es obesa.

La consolidación de la antropometría como disciplina científica durante el siglo XIX fue utilizada en muchas oportunidades para discriminar entre sujetos “normales” y aquellos que no lo son. Un campo fértil para ello fue el de la criminología, para la cual Quetelet hizo grandes aportes con sus estudios sobre la propensión al crimen en relación con la edad, el género, o factores sociales como la educación, la pobreza o el consumo de alcohol. En cambio, el médico italiano Cesare Lombroso se propuso demostrar que la criminalidad tiene causas genéticas y, para ello, usó la antropometría, mediante la cual desarrolló su Teoría del Delincuente Nato. En su tratado “El hombre delincuente”, publicado en 1876, Lombroso cataloga los rasgos físicos que definen a un criminal: ciertas

medidas del cráneo, la estatura, o el largo de los brazos son algunos de los parámetros que, según el italiano, nos advierten que estamos en presencia de un probable asesino.

La recolección de datos antropométricos suficientes para obtener una estadística representativa de un país o un grupo étnico suele ser costosa y demandar muchísimo tiempo. Es así que, todavía hoy, la principal fuente de información sobre medidas del cuerpo humano son las fuerzas armadas. Porque para ser admitido en las organizaciones militares hay que contar con aptitudes físicas determinadas que responden a ciertas dimensiones corporales.

Hasta hace relativamente poco tiempo, para otorgar el certificado de admisión a la milicia se utilizaba un índice propuesto en 1901 por el médico francés Maurice

Pignet. Eran tiempos de alta prevalencia de tuberculosis y desnutrición, patologías que suelen traer como consecuencia el subdesarrollo del tórax. El índice de Pignet relacionaba la estatura, el peso y el perímetro torácico de un individuo para determinar si era apto para alistarse. Finalmente, ese indicador dejó de utilizarse cuando se comprobó que la fórmula ideada por el francés conducía al reclutamiento de personas obesas.

En la Argentina, el índice de Pignet se aplicó durante el reclutamiento para el Servicio Militar Obligatorio. De allí quedó la expresión “no le da el piné”, una frase que se habría acuñado en la década de 1930 y que se pronuncia todavía hoy cuando se quiere descalificar a una persona.

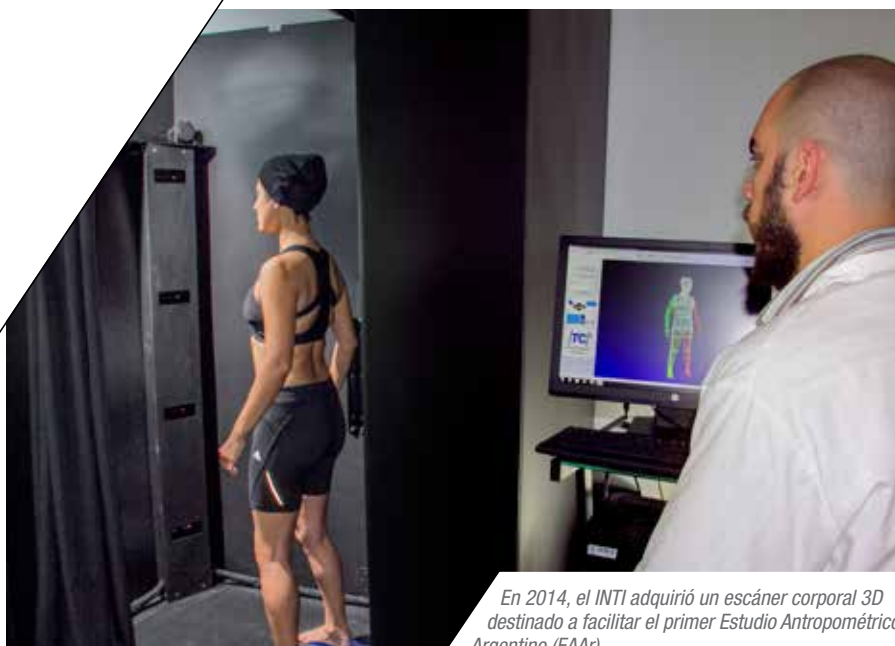
El ámbito militar también tuvo que ver con el amplio desarrollo que tuvo la antropometría durante el siglo XX por los requerimientos de la industria bélica. La Segunda Guerra Mundial fomentó la investigación antropométrica, pues los datos sobre las dimensiones corporales eran esenciales, entre otros motivos, para equipar adecuadamente a los combatientes o para diseñar las cabinas de los tanques y los aviones utilizados en el conflicto bélico.

La dimensión desconocida

Un problema con los datos antropométricos provistos por las instituciones castrenses de todo el mundo es que están restringidos al varón adulto joven. En otras palabras, son escasos los estudios sobre las medidas del cuerpo humano que informan datos de civiles de ambos géneros y edades variadas.

En las últimas décadas, esta falta de indicadores antropométricos se transformó en un problema para la mayor parte de las industrias.

“Para la fabricación de objetos de uso se deben diagramar sus dimensiones y, para eso, es necesario conocer las medidas de la población



En 2014, el INTI adquirió un escáner corporal 3D destinado a facilitar el primer Estudio Antropométrico Argentino (EAAr)

usuaria”, señala la diseñadora industrial Roxana Del Rosso, quien está a cargo del Laboratorio de Ergonomía de la Facultad de Arte y Diseño de la Universidad Nacional de Cuyo.

Además de medir dimensiones propias de la antropometría estática (peso, estatura, etc.), el grupo de investigación que dirige Del Rosso utiliza parámetros de la antropometría funcional, que incluye el análisis biomecánico de los movimientos (cómo se desplazan ciertos segmentos del cuerpo cuando se realiza alguna tarea específica) o, también, capacidades sensoriales (ángulo de visión, sensibilidad táctil, entre otras).

Especializado en el estudio de la postura sedente (sentado), uno de los primeros trabajos de investigación antropométrica llevado a cabo por el Laboratorio de Cuyo se efectuó en Mendoza a comienzos de los años 90 y estuvo dirigido a adecuar la cabina de conducción de los colectivos con el fin de cuidar la salud de los choferes.

“Desarrollamos un aparato para hacer mediciones de la postura sedente, que permitió un posicionamiento correcto del sujeto al momento de efectuar la medición”, consigna Del Rosso. “Buscamos lograr una postura saludable para el trabajador y, también,

procuramos generar un espacio que mejore su atención”, explica, e informa: “Los resultados se aplicaron al diseño de carrocerías y asientos”.

Según la especialista, el estudio con los choferes puso en evidencia la “altísima incidencia de patologías lumbares en trabajadores nóveles, las cuales tenían un origen previo a la actividad laboral”. Este descubrimiento fue confirmado por la publicación de los primeros registros oficiales sobre enfermedades laborales, confeccionados a partir de 1996 con la entrada en vigencia de la Ley de Riesgos del Trabajo.

Esa información disparó una nueva investigación: “Decidimos trabajar el problema desde el origen y empezamos a tratar de medir lo que sucede en la infancia. Para eso, nos pareció interesante hacer un estudio del equipamiento escolar”, cuenta Del Rosso. “Tomamos la actividad escolar por su obligatoriedad y porque los niños pasan muchas horas sentados”, justifica. “Esto no significa que el mobiliario que utilizan los chicos en la escuela sea el único causante de las patologías de columna”, aclara.

El estudio incluyó alumnos de ambos sexos, entre seis y once años de edad, de diferentes escuelas. Mediante

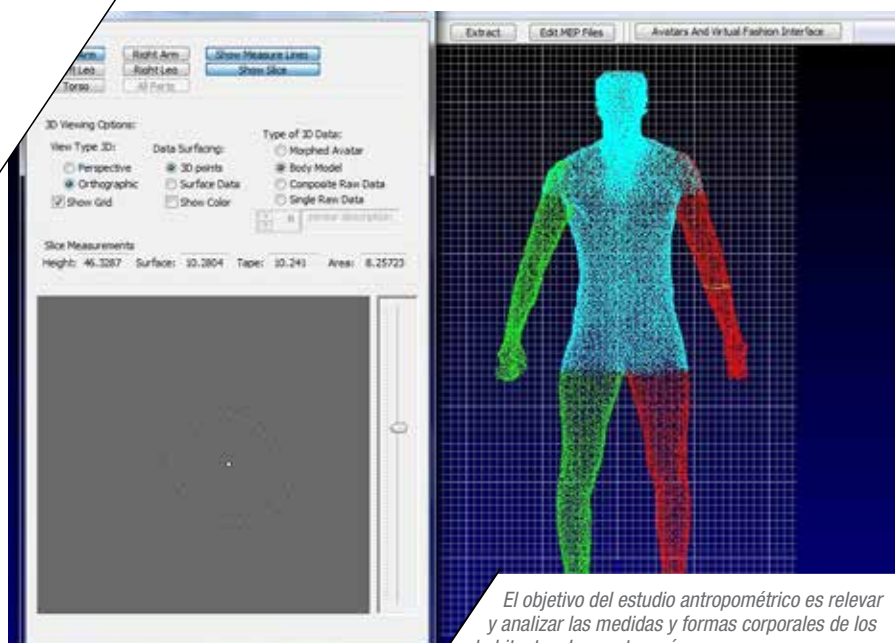
observaciones directas, filmaciones y fotografías, los investigadores generaron documentos para el análisis biomecánico posterior: “Como hay un tamaño único de asiento para todos los grados, alrededor del 60% de los chicos de primer grado no llega al piso con los pies y en los grados superiores no entran debajo del pupitre o en el ancho de la silla”, comenta Del Rosso. “Esto no solo afecta la salud postural. También incide en la atención, porque la postura afecta la capacidad ventilatoria y, por lo tanto, la oxigenación de los tejidos, entre ellos el cerebro”.

Luego de medir en los chicos varios parámetros antropométricos funcionales, elaboraron una “propuesta de equipamiento escolar saludable” que incluyó el diseño y la fabricación de un prototipo de “mobiliario ajustable”.

“La propuesta contempla el hecho de que en el aula conviven chicos de distinto tamaño corporal, y toma en cuenta todos los planos de apoyo”, ilustra. “El mueble se probó en las aulas durante varios meses y medimos cómo los chicos respondían a este equipamiento mediante un test de caras, que se utiliza para evaluar la concentración”, añade. “La propuesta está en manos de la Dirección General de Escuelas”, comunica.

A tomar medidas

Son excepcionales los ejemplos de objetos que se fabrican pensando en que los utilice una sola persona. Tal podría ser el caso del asiento de un automóvil de carreras diseñado para un determinado piloto o, también, un traje confeccionado a medida. Lo habitual es la producción industrial en masa. No obstante, ello no significa que un objeto que se produce para cumplir una



El objetivo del estudio antropométrico es relevar y analizar las medidas y formas corporales de los habitantes de nuestro país.



Para algunos griegos del siglo V a.C., como el escultor Policleto, la altura perfecta de una figura humana debía tener siete veces el alto de la cabeza.

determinada función pueda tener un diseño único para todos los usuarios. Hay un sinnúmero de ocasiones en las que los fabricantes deben considerar las diferencias corporales de sus probables clientes. Un ejemplo paradigmático es el de la vestimenta.

En el año 2005, debido a que la oferta de talles de ropa era muy limitada, la provincia de Buenos Aires sancionó la Ley 12.665, conocida como “Ley de Talles”, que en su primer artículo dispone que “los comercios que vendan ropa de mujer, deberán tener en existencia todos los talles correspondientes a las medidas antropométricas de la mujer adolescente, de las prendas y modelos que comercialicen y ofrezcan al público”. Otros Estados del país imitaron la decisión de la Provincia. Algunos, incluso, extendieron la exigencia de variedad de talles para todos los sexos y edades.

Mientras se aguarda una norma nacional al respecto, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) tomó cartas en el asunto: “No podemos exigirle a los comerciantes variedad en los talles si no sabemos cuáles representan a los cuerpos argentinos. Actualmente, estamos usando normas basadas en cuerpos de otros países”, declara la licenciada Sandra Jung, del Centro de Investigación y Desarrollo Textil del INTI.

Fue así que, en 2014, el INTI adquirió un escáner corporal 3D –en Latinoamérica, solo México y Brasil tienen este tipo de dispositivo– destinado a facilitar el primer Estudio Antropométrico Argentino (EAAr), una iniciativa cuyo objetivo es relevar y analizar las medidas y formas corporales de los habitantes de nuestro país, independientemente de su nacionalidad. “Buscamos que las personas no tengan problemas al querer vestirse”, remarca.

El equipo 3D genera en pocos segundos una imagen tridimensional completa del cuerpo humano e informa más de ochenta medidas corporales. “Previo a la existencia de los escáners, las mediciones llevaban muchísimo tiempo porque se hacían de manera manual, con centímetros y calibres. La rapidez de esta tecnología nos va a permitir repetir los relevamientos cada determinado tiempo, como un censo, para ver cómo evolucionan los cuerpos humanos con el tiempo”, acota Jung.

El EAAr determinará las dimensiones de los cuerpos de la población argentina según sexo, grupo etario y región geográfica. Para que el estudio sea representativo se requiere escanear a unos 12.000 individuos, varones y mujeres por igual.

“La representatividad de la muestra respeta la pirámide socioeconómica, porque las clases sociales determinan la clase de cuerpo. Estamos relevando tres o cuatro de las urbes más importantes de cada región”, explica. “Ya escaneamos a unas 1300 personas de todo el país y la primera ciudad en la que completamos el relevamiento es Mendoza”, anuncia.

Las mediciones antropométricas son dificultosas. Además de requerir que el individuo a medir esté semidesnudo, deben obedecer protocolos internacionales muy exigentes. Sin embargo, se trata de información importante para un país. Contar con datos propios permite, entre otras cosas, conocer el estado nutricional de la población, prevenir dolencias y tener una producción industrial más eficiente.

La antropometría posibilita determinar los espacios mínimos que necesita un ser humano para desenvolverse adecuadamente. También tiene que ver con que la mayoría de las cosas que utilizamos a diario tengan un diseño apropiado. De alguna manera, la antropometría nos ayuda a adecuar el entorno natural a nuestras necesidades. Pero, también, puede potenciar nuestra naturaleza discriminatoria. 🟡



La pista del mandarín

Un equipo de científicos intenta comprender los procesos involucrados en la fonación humana a través del estudio del canto de los pájaros, y la escucha y el análisis de sus sueños. También desarrollan un sistema que pueda reproducir fonemas a través de la mímica.

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

Cómo canta este pájaro. Esta frase, dicha habitualmente entre signos de admiración, los científicos la formulan en tono de pregunta. La intriga acerca de cómo cantan las aves ya dio lugar a resultados y conocimientos que ayudan a comprender procesos más complejos, como la fonación en humanos; y hasta ponen en duda el modelo de consolidación de la memoria.

En la Argentina, recientemente se han hecho experimentos en que una persona –con solo tres detectores en la boca– hace la mímica de lo que quiere decir y la computadora habla por ella. Hasta el momento, los investigadores lograron reproducir la mitad de los fonemas del español, y siguen investigando para alcanzar un aparato vocal virtual con todos los sonidos posibles.

Mientras trabajan en distintos enfoques de desarrollos aplicables a problemas de salud, también han podido investigar qué pasa por el cerebro de algunas aves mientras duermen. “Estamos escuchando el sueño de los pajaritos”, dice

sonriente Gabriel Mindlin, director del Laboratorio de Sistemas Dinámicos en el Pabellón I de la Ciudad Universitaria, teniendo como telón de fondo algunos de estos animales que atrapan la atención curiosamente en el departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (Exactas-UBA).

Fiel a su pareja, muy sociable y parlanchín, el diamante mandarín (*Taeniopygia guttata*) resulta a simple vista simpático por su pico rojo en los machos y más anaranjado en las hembras. Muy pequeño, y con apenas 12 gramos de peso, su canto insistente resulta parecido a cuando se hace sonar un patito de goma de juguete. Pero lejos de lo que le ocurre a más de la mitad de las aves, que reproducirán el mismo sonido sin variación a lo largo de toda su vida, esta especie aprende a cantar de su padre o un tutor, como ocurre con los pichones de humanos a la hora de lanzarse a hablar.

“El ser humano necesita aprender la vocalización a partir de haber escuchado a los padres hablar. Este componente de imitación se da en muy pocas especies, lo compartimos con los cetáceos

y con estas aves canoras. De estas, hay tres grupos: los oscinos (que incluyen cerca de 4000 especies, entre ellas los canarios y jilgueros); los colibríes y los loros”, especifica este investigador del CONICET y ganador de numerosos premios. “El 40% de las aves necesita un tutor para aprender a cantar, el resto tiene la grabación ya impresa en el *hardware*. La paloma –ejemplifica– posee un programa como si fuera una moviola con una cinta ya establecida, que ejecuta una y otra vez; y no cambiará nada a lo largo de toda su vida”.

Pero a este equipo de científicos, solo le interesan aquellos pájaros que necesitan de un maestro para aprender su idioma, porque buscan estudiar un aparato fonador lo más parecido posible al de los humanos. Y, al igual que nosotros, estas aves hasta tienen su dialecto y tonada. “Un chingolo de Mar del Plata no canta igual que uno de otra zona de Buenos Aires. Según el lugar donde creció cambia tanto las sílabas introductorias como la tasa de disparo de las sílabas del trino”, compara y enseguida se refiere a quien prestó oído a estas diferencias hace más de medio siglo en América del Norte.



El diamante mandarín (Taeniopygia guttata), a diferencia del resto de la mayoría de las aves, aprende a cantar de su padre o un tutor, como ocurre con los humanos a la hora de lanzarse a hablar.

“En la década del 50, en una región de la costa oeste de Estados Unidos, Peter Marler encontró una especie –primos de los chingolos– que, pese a habitar a muy pocos kilómetros de distancia entre sí, tenían repertorios distintos. Estudió estas aves durante mucho tiempo y vio que utilizan una variedad de cantos para establecer comunicaciones y resolver disputas en los límites territoriales”, memora, y resalta: “Dependiendo de la especie, las variaciones del canto pueden ser muy distintas, o pueden ser como el caso del chingolo donde son solo tonadas distintas, porque los cambios son sutiles”.

Así como una correntina no comparte la tonada de un cordobés y cualquier argentino logra identificarla a poco de desandar una charla, los investigadores han agudizado tanto sus conocimientos que también detectan cuando alguna de estas aves se quedó huérfana de maestro. “Si no tienen un tutor, harán cosas que no se reconocerían como un canto típico de la especie. No es cualquier cosa, pero es un sonido más errático y se lo percibiría como algo raro”, describe.

El primer canto que aprendieron es algo así como la lengua madre, y el que los marcará de por vida. En las aves esta etapa de aprendizaje dura un determinado número de días. Luego, “se cierra esa ventana y hay un conjunto de sustratos químicos que hace que el cerebro no tenga la misma plasticidad. Algo similar pasa con el humano cuando adquiere un idioma, esa ventana de plasticidad básicamente se cierra. Esto mismo le ocurre a los bebés chinos, a quienes les cuesta tanto distinguir entre una ele y una ere (del español), no solo de pronunciación sino perceptualmente”, grafica.

En este proceso de aprendizaje, el cerebro del animal se va reconfigurando y “hay una serie de cambios hasta que el ave logra las vocalizaciones que lo acompañarán toda su vida”, puntualiza

Para escucharte mejor

Como físicos, a estos científicos en los inicios de sus trabajos les interesaba saber cuánto de este proceso complejo de aprendizaje provenía de las características propias del aparato vocal, y cuáles se debían a instrucciones impartidas

desde la pequeña cabecita del ave. Enseguida construyeron modelos matemáticos sobre estos fenómenos de la naturaleza para poder entenderlos, y luego claro está, controlarlos.

Si un puñado de centímetros puede ser el total de la altura de estos pájaros cantores estudiados por este equipo de Exactas, es de imaginar lo diminuto aún que resulta el aparato vocal. Justamente, en este minúsculo mundo fabricante de sonidos, los investigadores tomaron medidas de la siringe, como se llama al órgano vocal de las aves –en este caso de canarios–, y procesaron informáticamente los datos.

Miniaturas de músculos usados por el aparato vocal aviar fueron escudriñados en todos sus movimientos, así como las oscilaciones que se producen en los labios ubicados entre los bronquios y la tráquea cuando pasa el aire generando sonidos. Vieron que la presión con que ingresaba a la siringe y la tensión de los músculos que controlan la forma del aparato vocal, resultaban dos parámetros claves para la ecuación de su modelo, como publicaron en revistas prestigiosas como *Nature*.



pixelblume/Flickr

Diamante mandarín (Taeniopygia guttata)

“Nosotros hacemos experimentos donde insertamos electrodos en esos músculos y medimos la presión de los sacos aéreos mientras el ave canta. Todo ese registro luego alimenta nuestro sistema matemático y si nuestro modelo es correcto –ante esos parámetros que uno mide– se genera canto. Eso fue el comienzo del laboratorio”, relata, y señala que este tema, al ser tan importante para la neurociencia, los llevó a incorporar la electrofisiología. Es decir, mientras el ave está cantando ¿qué está pasando en las distintas partes del cerebro? “Eso es una parte del trabajo que busca incorporar el aspecto neuronal con la parte fisiológica. La hipótesis de trabajo del laboratorio es que el comportamiento no es solamente neuronas que disparan, sino que debemos integrar un aparato periférico con el sistema nervioso central. Y de la interacción de ambos junto con el ambiente es que surge el comportamiento”, subraya como punto de partida filosófico de sus estudios.

Escuchando sueños

Ya se han metido tan a fondo en esta cuestión, que ahora revelan haber podido escuchar el sueño de los pajaritos con resultados inesperados. Es que mientras estas aves duermen no pasa lo que se suponía que ocurriría. Y lo que

sucede, según sus registros, cuestiona la teoría de consolidación de memoria actualmente imperante.

“Cuando se mide la actividad muscular del ave mientras duerme, se encuentra que de tanto en tanto genera el patrón de actividades correspondiente al canto, como si de noche estuviera practicando dormido el canto, pero también hace otros gestos motores. Como nosotros tenemos estos modelos matemáticos que dada cierta actividad muscular permite saber cómo suena, podemos conectarlo y escuchar lo que está soñando”, revela.

A simple vista, el pajarito presenta la respiración normal de alguien dormido, pero la actividad eléctrica de las neuronas baja hasta los músculos de la siringe como si cantara, pero por supuesto no lo hace de modo manifiesto porque al soñar está inhibida esa función. Pero, el equipo de Mindlin lo logró descifrar y se sorprendió con sus resultados.

“Durante mucho tiempo se pensó que la actividad fundamental durante el sueño era consolidar un gesto motor: practicar de noche lo que se va a ejecutar durante el día. Lo que encontramos es que la cantidad de veces que se practica lo que se hará de día es solamente el 15% del tiempo, el otro 85% está haciendo variaciones

muy alocadas de la actividad motora. Nosotros estamos proponiendo la hipótesis de que en verdad lo que hace es adecuar su código de corrección de errores. Tiene consecuencias para la biología porque nosotros, al cuestionar aspectos del paradigma de la consolidación, nos inclinamos a ver que el ave lo que está haciendo es practicar un conjunto de escenarios motores que luego no va a ejecutar”, destaca Mindlin, uno de cuyos trabajos sobre el diamante mandarín, junto a su equipo de la UBA y de la Universidad de Chicago, fue seleccionado entre los diez mejores publicados en la revista Nature en 2013. “Con estas líneas de trabajo estamos muy entretenidos”, confiesa sonriendo.

Decirlo con voz sintética

En el mismo laboratorio, Marcos Trevisan, también doctor en física, trabaja en algo similar pero distinto. “Nosotros vamos a la saga de las investigaciones de la línea de aves. Tratamos de importar esas ideas para aplicarlas en humanos”, relata. Él y su equipo, con solo tres detectores colocados en la boca y conectados a una computadora, lograron reproducir con voz sintética lo que Marina o José deseaban expresar. “La persona hace la mímica de lo que quiere decir y la computadora habla por ella”, resume, y enseguida agrega:



Diana Martínez Llaser

"Cuando se mide la actividad muscular del ave mientras duerme, se encuentra que de tanto en tanto genera el patrón de actividades correspondiente al canto. Con modelos matemáticos es posible 'escuchar' lo que está soñando".



Juan Pablo Vittori

"Uno se imagina aplicaciones más o menos inmediatas en salud y también académicas".

Un sensor en la lengua, otro en los labios y el restante en la mandíbula, son parte del instrumental para sacar sonidos del silencio. Por ahora, permite hacer oír la mitad de los fonemas del español, mientras continúan los estudios.

"Ahora mismo empezaremos con Gabriel (Mindlin) el modelado de fonemas que se llaman fricativos, las cuales se forman por turbulencias, como la ese o efe. Estas suenan ruidosas porque la fuente es turbulenta y se generan por el paso de aire por una constricción, una parte muy angosta del tracto vocal", adelanta.

Ya ha logrado hacer audible o sintetizar las vocales y los fonemas plosivos "o explosivos, que son los que se perciben como un arranque repentino del tracto vocal, como la pe, te, de", puntualiza quien ya ha sido parte del desarrollo del modelo matemático que reproduce la manera física de cómo se mueven las cuerdas vocales y cómo viaja el sonido en el tracto vocal.

En plena fase experimental, los investigadores no descansan hasta lograr decir sintéticamente la totalidad de los

fonemas. "La idea es que la computadora resuelva con datos anatómicos la generación del habla. La aplicación inmediata que a uno se le ocurre es poder hacer hablar a alguien que no puede. De hecho, hay mucha gente que no puede expresarse porque no puede activar las cuerdas vocales, pero puede mover su tracto vocal", advierte.

Otro de los desafíos por delante es acceder directamente a las señales neuronales que controlan el habla. Por ejemplo, se le pide a una persona, mientras se halla en un resonador magnético, que diga ciertas expresiones para visualizar qué áreas del cerebro intervienen en este proceso. Pero estos aparatos son demasiado lentos para seguir la velocidad con la que nos comunicamos. "Uno pronuncia muchas palabras por segundos, constituidas por muchos fonemas que se forman en microsegundos y no logran ser captados por el resonador", menciona.

La solución es parte del problema. "La producción vocal necesita de escalas de tiempo más finas, de punto a punto en el momento en que se están produciendo. Eso se puede hacer básicamente con electrodos puestos en la cabeza, como se hace con aves, pero en humanos es más complejo. Es extraordinariamente invasivo porque se debe hacer una craneotomía", define.

Pero han logrado hacerlo gracias a un acuerdo profesional con el Hospital Italiano de Buenos Aires. "Usamos los datos que vienen de una serie de pacientes que se deben someter a una intervención quirúrgica por un tumor o una epilepsia intratable, y para ello se necesita acceso a las señales corticales", indica. Para estas cirugías, los médicos requieren del monitoreo con electrodos en la corteza y "nosotros aprovechamos ese momento para hacer el estudio de producción vocal", agrega.

El estudio, que comenzó hace un año, llevará mucho tiempo porque afortunadamente no hay demasiadas personas que requieran un tratamiento de estas características y que cumplan los requisitos para poder ser comprendidos en esta investigación, "ya que deben ser intervenidos en el hemisferio izquierdo, donde se localiza mayormente el habla", explica.

¿Qué hace un físico metido en el cerebro? "No es lo clásico -responde Trevisan- pero va a pasar a serlo. Hacia fin de siglo, la física se metió en cuestiones como las finanzas, el mundo de la economía, las epidemias. La física es el modo de pensar el problema, es la posibilidad de imponer la matemática a temas de la naturaleza", concluye. ▀

Espacio para formular(se) preguntas

El Centro Cultural de la Ciencia (C3), inaugurado en noviembre de 2015 en el predio de la ex Bodega Giol, en el barrio porteño de Palermo, se ofrece como “un espacio que promueve la cultura y el pensamiento científico a través de actividades de divulgación científica y experiencias interactivas”. Allí, a diario, los científicos entran en contacto con el público general. La cereza del postre es el espacio *Lugar a dudas*, donde están prohibidas las certezas.

Susana Gallardo - sgallardo@de.fcen.uba.ar
Fotos: Diana Martínez Llaser

La palabra *museo* remite al templo de las musas: un lugar donde se guardaban ofrendas y objetos de culto que cada tanto eran expuestos para que el público pudiera admirarlos. Con el correr de los siglos, y a partir del Renacimiento, el museo pasó a cumplir la función de atesorar y conservar colecciones de arte y exponerlas a los visitantes. Cuando en el siglo XX se crearon los museos de ciencia y técnica, la función fue similar: guardar y exponer los logros científicos y su historia.

Sin embargo, a partir de la década del ochenta se comenzó a pensar que el objetivo del museo no podía ser solo exponer el conocimiento producido por otros, sino también procurar que el visitante se convierta en un constructor de su propio conocimiento.

Con esta idea se pensó y construyó el espacio *Lugar a dudas*, que depende

del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva de la Nación (Mincyt), y forma parte del Centro Cultural de la Ciencia. “El hecho de que este lugar se llame Centro Cultural es una toma de posición, que la ciencia es parte de la cultura. Del mismo modo, el nombre del museo es indicador de que la duda y la curiosidad están en el centro. La idea no es dar respuestas, sino despertar preguntas”, dice el doctor Diego Golombek, Coordinador del Programa de Popularización de la Ciencia, quien lideró el equipo que ideó y diseñó los contenidos del espacio.

Con tres salas, unos 1200 metros cuadrados de superficie total y alrededor de 60 módulos interactivos, este espacio es diferente de otros museos de ciencia. “Queríamos que fuera algo distinto, que respondiera a otros criterios de cómo contar la ciencia para público general”, comenta Golombek, y describe: “Es lúdico, interactivo, cumple con lo que se espera de estos espacios, pero una gran diferencia con otros museos en

el mundo es que no tiene una división de las salas por disciplina, como la mecánica, la óptica o la percepción, sino que elegimos tres conceptos generales de la ciencia: el tiempo, la información y el azar, que pueden ser abordados desde disciplinas diversas”.

¿Cómo se eligieron esos tres temas?

Nos llevó mucho tiempo, hicimos largas listas de temas transversales a las ciencias naturales. Teníamos tres salas y había que elegir. El tiempo y el azar fueron los primeros en que nos pusimos de acuerdo. Todo tema científico se relaciona con el tiempo. Respecto del azar, un científico sabe que siempre se mueve en la frontera entre el azar y el orden, pero el azar no es algo que la gente identifique como tema científico. Me pareció interesante desde ese punto de vista, además de que museográficamente es fascinante, porque se puede mostrar con juegos, kermese, casino, entre otras alternativas.



¿Y la información?

La información fue idea de Lino (Barañaño, titular del Mincyt), que considera que es un concepto central en la ciencia. La teoría de la información es de los años cincuenta, sin embargo los científicos, en general, no manejan la definición de información, almacenaje o unidades de medición de información, y nos pareció importante ofrecer un panorama general del contenido, tanto para la comunidad científica como para el público general. Además, es un tema amplio, podemos manejar información en la comunicación, manejar códigos o información oculta, o vinculada a la comunicación gestual, lo cual presenta también un costado museográfico que explotamos ampliamente.

¿Podrías ilustrar la idea de que los conceptos son transversales a distintas disciplinas?

Por ejemplo, la muestra del tiempo tiene varios ejes rectores. Por un lado, las escalas de tiempo, algo común en

el lenguaje científico, pero poco común en el lenguaje coloquial. Cuando un paleontólogo habla de millones de años, o un cosmólogo habla de miles de millones de años, uno lo dice alegremente, pero al cerebro le cuesta mucho ese concepto. ¿Qué es un millón de algo? Es difícil visualizarlo, y tenemos algunas exhibiciones que tratan de ayudar a visualizar este tema, un poco basadas en el nunca bien ponderado calendario cósmico de Carl Sagan, que equiparaba la duración de la historia del universo con un año nuestro. Lo cierto es que durante algunos meses de ese año, no pasó nada. Cuando los visitantes llegan a este módulo, tienen que pedalear o mover una palanca, y para avanzar en eras cosmológicas o geológicas, hay que pedalear un montón, y no sucede ningún evento relevante. Está buenísimo que se entienda que para que se forme una galaxia y aparezcan los humanos pasa muchísimo tiempo, aun en un rango medible de minutos. Por otro lado, quisimos mostrar las diferencias en la percepción del tiempo. Por ejemplo, se diseñó una cámara anecoica,

que absorbe los sonidos, y donde estimar el tiempo es un desafío.

¿Y el azar?

El azar puede verse desde el punto de vista de la estimación, que es un concepto central en la ciencia. Por ejemplo, hay una moto colgada, y hay que estimar cuánto pesa. Los visitantes pueden proponer cualquier valor, pero, cuando cientos o miles de personas estiman un peso, el promedio se va acercando muchísimo al valor real. También hablamos

El Centro Cultural de la Ciencia está ubicado en Godoy Cruz 2270, en el Polo Científico Tecnológico. Permanece abierto al público general, con entrada libre y gratuita, los viernes, sábados y domingos de 13 a 19.30 horas. Teléfono: (54-11) 4899-5000 int.1355.

Para conocer las actividades que se desarrollan en el C3 se puede consultar el sitio web cccienencia.gob.ar o las redes sociales [facebook.com/ccdelaciencia](https://www.facebook.com/ccdelaciencia) y [twitter @ccdelaciencia](https://twitter.com/ccdelaciencia)



Capacitando copilotos

El espacio interactivo *Lugar a dudas* no posee guías tradicionales, que llevan de la mano al visitante y lo llenan de conocimiento, sino copilotos, que colaboran para que cada uno pueda vivir su propia aventura de conocimiento. El equipo, formado por estudiantes y graduados en ciencias, recibe una capacitación permanente de cuatro horas semanales.

"Tanto el armado como el equipo y la coordinación se hace pensando en el visitante; consideramos que la visita a *Lugar a dudas* es una experiencia vinculada a lo cognitivo pero también a lo afectivo", explica la bióloga Milena Rosenzvit, quien, junto con el doctor Gabriel Gellon, está a cargo del Equipo de Educación del C3. Y destaca: "Si bien apuntamos a tener proporciones equivalentes de mujeres y varones, tratamos de que haya más chicas físicas y matemáticas, y que no necesariamente los varones sean los físicos y las chicas las biólogas".

Actualmente, el C3 dispone de 41 copilotos. "Lo que queremos es que puedan hacer sentir bien a los visitantes, que la gente venga y disfrute", subraya Rosenzvit. También se busca que puedan poner en juego ciertas herramientas del pensamiento científico, es decir, que ayuden al visitante a formularse preguntas, comparar y construir conocimiento. La explicación de los conceptos va en último término. "La idea es no atosigar al público con información", asegura.

Un ejemplo de cómo se construye el conocimiento se da en el módulo de la percepción del tiempo, donde los visitantes, mediante un casco de realidad virtual, pasan por una experiencia de mucha adrenalina. En cambio, otros atraviesan una cámara donde por momentos se percibe silencio absoluto, y donde es difícil estimar el tiempo. En ambos módulos, los copilotos preguntan a los visitantes cuánto tiempo creen que pasó en las distintas situaciones, y junto con ellos formulan hipótesis sobre cómo las distintas experiencias afectan nuestra percepción del tiempo.

de la genética del azar, por qué heredamos ciertos rasgos, y qué tienen que ver papá y mamá en ello, y qué tiene que ver el ambiente.

¿Cómo fueron surgiendo las ideas para mostrar los distintos temas?

Hubo contenidistas científicos y asesores que nos ayudaron a definir lo que queríamos contar. Lo difícil era decidir cómo contarlo. Algunos preceptos guiaron el desarrollo de los temas: lo primero es que tenía que haber un equilibrio clarísimo entre rigor científico y forma de contarlo, y eso requirió muchísimas interacciones con científicos. Es el mismo proceso de toda comunicación de la ciencia, la interacción con el científico que te dice si esa analogía o esa metáfora son apropiadas, y vas afinando la puntería.

¿Qué otros criterios hubo?

Queríamos una impronta artística y escenográfica muy fuerte. Nos asociamos con los departamentos de artes de otras universidades: la de Tres de Febrero, Maimónides y la de La Plata. La entrada de cada una de las salas del museo presenta una escenografía

particular: un cine para el tiempo; la cueva de las manos para la información; y un casino para el azar. Ese fue nuestro precepto: contarlo de una manera que escenográfica y artísticamente fuera muy potente, con una paleta de colores específica y una forma de definir el contenido artístico. Y otra cuestión importante es que los visitantes pudieran interactuar, jugar. Si estás jugando, algo te queda. Te vas más confundido, pero con una idea.

¿A qué público se apunta?

Siempre pensamos en un público joven, adolescente, porque uno de nuestros objetivos es estimular vocaciones científicas, además de hacer cultura científica para la población general. Nos está funcionando bien con las escuelas, vienen alumnos secundarios y lo pasan bien. Pero no la estamos pegando tanto con las visitas generales. Queremos que los pibes vengan con la escuela, y después les digan a sus amigos, 'che, vamos a tomar algo a *Lugar a dudas*'. Está muy instalada la idea de que un museo de ciencia es para chicos pequeños. No está instalado que sea algo donde se la pueda pasar



Además de “Lugar a dudas”

El Centro Cultural de la Ciencia incluye, además del museo interactivo, una gran variedad de actividades de popularización de la ciencia. Una de ellas es el ciclo de *stand up* científico, que ofrece un grupo de alumnos y graduados de ciencias de diversas universidades. Todos ellos realizaron un curso en 2015, organizado por el Mincyt y dictado por un especialista en este género en que el comediante se dirige directamente a su auditorio e interactúa con él. Luego de ese curso se conformó un grupo de comediantes, llamado *Poper*, que todos los fines de semana presenta en el C3 sus monólogos de temáticas científicas.

Pero hay también muchas otras actividades, como por ejemplo, un taller de diseño de paracaídas. Mediante la prueba y la experimentación con diversos materiales, los participantes intentan construir el mejor paracaídas. Para ello, tienen que trabajar en equipo y recurrir a las estrategias que emplean los científicos. Asimismo, hay proyecciones de cine 3D, muestras de arte, actividades de cocina molecular, ciclos de teatro científico y café de la ciencia, talleres de circuitos y de robótica. “También tenemos un espacio con impresoras 3D, el primer *makerspace* nacional (espacio para hacedores) para capacitar en proyectos de fabricación digital”, explica Golombek.

bien a distintas edades. Pero nos interesa también otro público: queremos que este sea un lugar también para actividades académicas no formales. Hay muchos módulos que pueden ser aprovechados, por ejemplo, por un curso de física 1, para dar la clase acá. También tenemos talleres y un laboratorio para capacitación, por ejemplo, para formación docente.

¿Cómo hacen las escuelas para visitar el C3?

Por ahora llaman por teléfono para reservar turno. Pero se va a hacer una página con inscripción online. Apuntamos a la escuela secundaria, pero han venido también de último año de primaria. También queremos que el C3 y el *Lugar a dudas* formen parte de las excursiones que hacen a Buenos Aires las escuelas del interior.

¿Qué formación tienen los guías?

Nosotros los denominamos “copilotos”, lo cual indica que hay un piloto, y ese piloto es el visitante. En general son estudiantes o graduados de Exactas-UBA,

muchos de los cuales habían participado en actividades realizadas en Tecnópolis. Pero nuestra idea, a futuro, es incorporar gente que provenga de otras áreas, no sólo de las exactas y naturales. Reciben una capacitación intensiva, con hincapié en la relación con el público. De hecho, tenemos un equipo de capacitación muy nutrido. En los primeros días, los copilotos estaban un poco tensos, pero ahora están muy cómodos y contentos. Y en el cuaderno de visitas, el 70% de las anotaciones dicen: ‘qué copados que son los copilotos’.

En síntesis, *Lugar a dudas* se presenta como un espacio interactivo diferente de los demás, y donde el protagonista es el visitante. No se trata de realizar una visita guiada, donde un guía explica y muestra objetos, sino de un viaje hacia el conocimiento en el cual el piloto decide qué ve y qué pregunta, y el copiloto acompaña y responde cuando es preciso, y sugiere dónde hacer foco. Fundamentalmente, se trata de jugar y pasarla bien. Toda una aventura. 



Cien años de genialidad

A las 11.53 del 14 de septiembre de 2015 la pantalla del físico de guardia Marco Drago, en el Instituto Max Planck (Hannover, Alemania), le indicaba la entrada de un correo automático desde los sensores del complejo experimental LIGO (Estados Unidos). ¿Su contenido?, los datos de una colosal evidencia empírica esperada por casi veinticinco años y predicha por Einstein casi un siglo antes. El regalo perfecto para el cumpleaños número cien de la Teoría General de la Relatividad.

Guillermo Mattei - gmattei@df.uba.ar

“Y que todo lo escrito en ellos era irreplicable desde siempre y para siempre, porque las estirpes condenadas a cien años de soledad no tenían una segunda oportunidad sobre la tierra”, escribía el gran Gabo García Márquez. Si de Teoría General de la Relatividad hablamos, el caso de los cien años transcurridos entre los 25 de noviembre de 1915 y de 2015, no fueron de soledad. En la primera fecha, Albert Einstein sintetizaba magistralmente, en un conjunto de bellas ecuaciones, la danza entre la geometría del espacio-tiempo y sus fuentes materiales. Setenta y seis días antes de la segunda fecha, un millar de científicos demostraban empíricamente, por medio de un bello experimento, algunos de los pasos más notables de esa danza cosmológica. Einstein, irreplicable. Einstein condenado a cien años de genialidad, como mínimo.

Una mente más que brillante

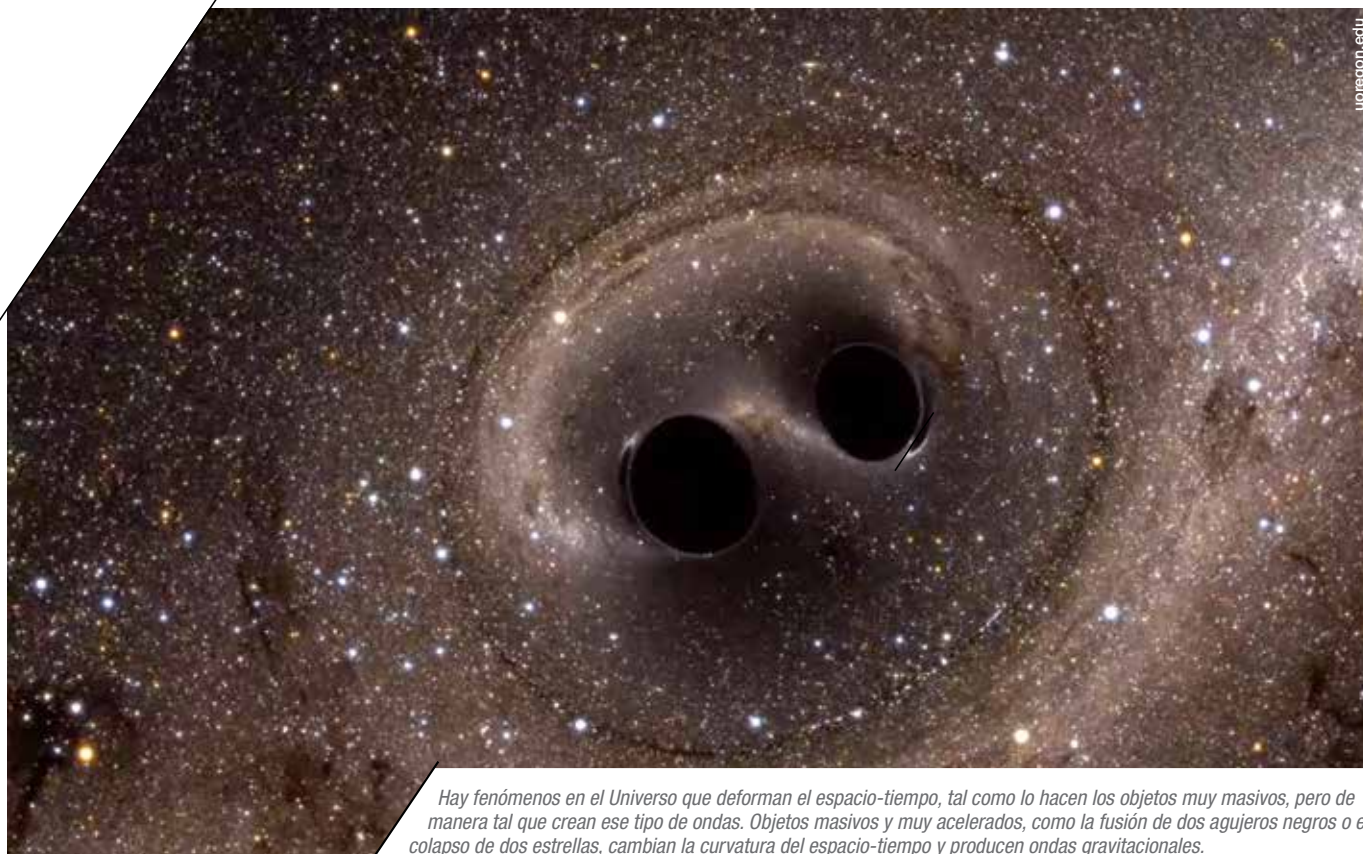
Probablemente Albert Einstein sea una de las mentes más brillantes, en la jerga

de la filosofía científica, del bloque espacio-temporal completo del género humano. Esto dicho en algún sentido, en alguna hipotética escala. Aquellas y aquellos formados en física universitaria no pueden dejar de captar indubitablemente esta superlatividad.

Por ejemplo, Lee Smolin, físico fundador del prestigioso Instituto Perimeter (Canadá), reflexiona: “Einstein fue diferente, quizás tanto como lo fue Newton. ¿Por qué?, Einstein fue un gran narrador. Tenía un agudo olfato para perseguir y sostener la coherencia narrativa de un relato”. Para los científicos de su tiempo, la equivalencia newtoniana entre la resistencia a la fuerza –la inercia– y el peso –la masa gravitacional– era sólo una imposición matemática extra sobre las famosas ecuaciones que hoy aprenden los adolescentes del mundo en las escuelas. Pero Einstein podía ver que esa equivalencia necesariamente tenía que encajar en la narración de manera coherente. Y su visión fue, nada más y nada menos, que la Teoría General de la Relatividad o, entre otras cosas, la mejor manera de entender el mundo a escalas cosmológicas.

“Hay un mito por el cual Einstein aparece como un genio solitario, únicamente guiado por la belleza matemática y en pos de una gran teoría. El genio, la musa de la estética y la matemática como herramienta profética”, enumera Smolin y agrega: “Sin embargo, Einstein no tuvo una buena formación matemática y no estuvo solo sino que dependió de algunos amigos expertos”. Marcel Grossmann y Michele Besso lo condujeron en la formulación matemática precisa de sus ideas y en la correcta interpretación de los significados. “En lo que Einstein descollaba era en la intuición física y en la profundidad de su punto de vista, por ejemplo, sobre una simplicidad tan abrumadora como la equivalencia entre las masas inercial y gravitatoria”, sintetiza Smolin.

En contraposición y para poner en términos relativos aún más altos la epopeya de Einstein: ¿dónde residirían sus eventuales fallas? Según Smolin, nadando en las aguas de la denominada unificación de la mecánica cuántica y la gravedad: “Einstein no tuvo un nuevo principio físico que proponer, ni se



uoregon.edu

Hay fenómenos en el Universo que deforman el espacio-tiempo, tal como lo hacen los objetos muy masivos, pero de manera tal que crean ese tipo de ondas. Objetos masivos y muy acelerados, como la fusión de dos agujeros negros o el colapso de dos estrellas, cambian la curvatura del espacio-tiempo y producen ondas gravitacionales.

le ocurrió un genial experimento mental disparador de grandes ideas, tales como las de sus colosales logros previos de la Relatividad Especial, del efecto fotoeléctrico y del movimiento browniano”, y agrega: “Nublada ahora su coherencia narrativa, Einstein se apoyó en su propio mito de aquel presunto dominio artístico de la matemática –el mismo que le habría permitido parir la Relatividad General– para alcanzar una teoría del campo unificado”. Nunca el sustituir una poderosa mirada física por el virtuosismo en el manejo de la matemática sería una inversión rentable. De todas maneras, ambas caras del éxito lo afirman a Einstein en el podio del pensamiento humano.

La carrera por el campo

El 30 de septiembre de 2015, en el Seminario de Filosofía de la Ciencia coordinado por Mario Bunge en Exactas-UBA, Gustavo Esteban Romero, profesor de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de la Plata e Investigador Científico del CONICET en el Instituto Argentino de Radioastronomía, decía, a propósito del inminente centenario de la Teoría General de la Relatividad: “Einstein se dio cuenta de que era imposible diferenciar entre un campo gravitacional uniforme y un sistema uniformemente acelerado: gravitación e inercia parecían ser dos aspectos de un mismo fenómeno”. El niño que nació adentro de un ascensor sin ventanas ni posibilidad de comunicación con el exterior nunca podrá distinguir si el ascensor está quieto dentro de un campo gravitatorio o si por el contrario está siendo impulsado con aceleración constante en el espacio vacío, libre de gravedad. Por estos caminos, la aguda percepción de Einstein lo llevó a concluir, en palabras de Romero, “que la

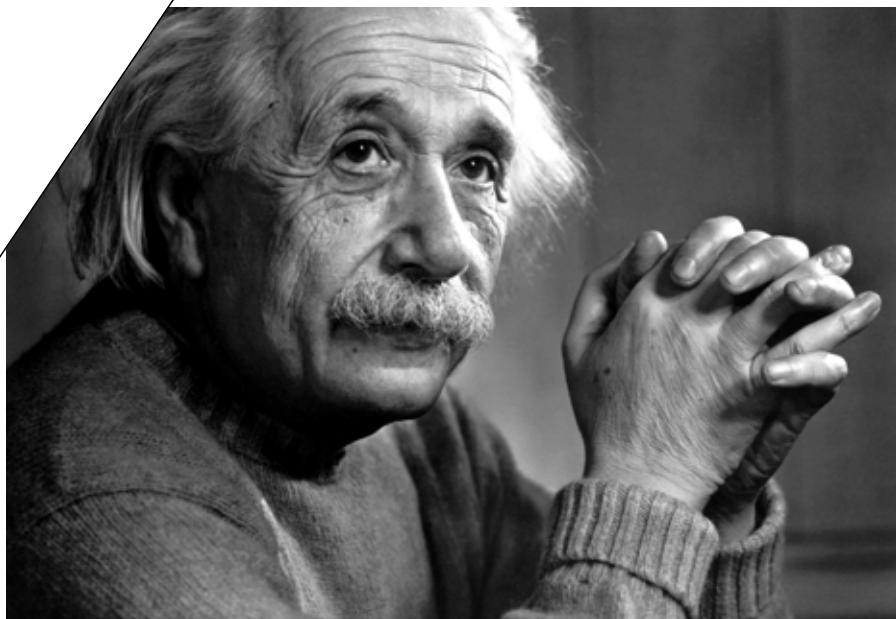
geometría en presencia de gravedad no puede ser la euclídea”, aquella de las primeras nociones escolares. “Un colega de Einstein en Praga, el matemático Georg Pick le sugirió a Einstein que, para hallar el campo gravito-inercial del principio de equivalencia, debía usar herramientas formales solo conocidas por matemáticos especializados de esa época”, relata Romero.

Einstein no duda y recurre a su amigo matemático Marcel Grossman, especialista en los temas claves y necesarios para alcanzar la meta imaginada por él. Romero explica: “Ambos amigos desarrollaron el aparato matemático necesario para tratar a la gravitación como un campo caracterizado por una decena de coeficientes diferentes que definen la forma de medir las distancias en el espacio-tiempo. La idea básica era que la geometría de ese espacio-tiempo no está fija, sino que depende de cómo se distribuyen la masa y la energía de los sistemas físicos. Así, el espacio y el tiempo cambian en presencia de objetos muy masivos, y al cambiar, la distancia más corta entre dos puntos deja de ser una línea recta y pasa a ser una

Para leer más

<http://factorellblog.com/2016/02/15/la-venganza-de-einstein-ondas-de-espacio-y-tiempo/>

<https://www.elgatoylacaja.com.ar/author/fernando-lombardo>



curva. Los cuerpos se mueven sobre esas curvas en el espacio-tiempo, y eso es lo que llamamos gravedad. La gravedad es reemplazada como fuerza, por la geometría del espacio-tiempo”.

“La Teoría General de la Relatividad elimina la dependencia de la mecánica clásica newtoniana respecto de un espacio y tiempo absolutos. La idea de que el espacio y el tiempo se van creando junto a los procesos físicos que ocurren en ellos, escenario y personaje a la vez, es una de las más bellas que ha producido la Física”, acota Esteban Calzetta, docente e investigador del Departamento de Física de Exactas.

Sin embargo, la crónica del parto de la Relatividad General no estuvo exenta de dramatismo. Romero lo detalló en Exactas: “En junio de 1915, David Hilbert, el más grande matemático del mundo, invita a Einstein a dar una serie de conferencias sobre su teoría de la gravitación. Einstein se sorprendió al constatar que todos allí conocían su teoría y, en las discusiones subsiguientes, sus dudas sobre las ecuaciones básicas aumentaron. En los meses siguientes, Hilbert se lanzó a encontrar ecuaciones generales para el campo gravitacional. Einstein, por su parte, pronto se dio cuenta de que las ecuaciones de la primera versión de su teoría aplicadas al movimiento orbital del planeta Mercurio no coincidían con las

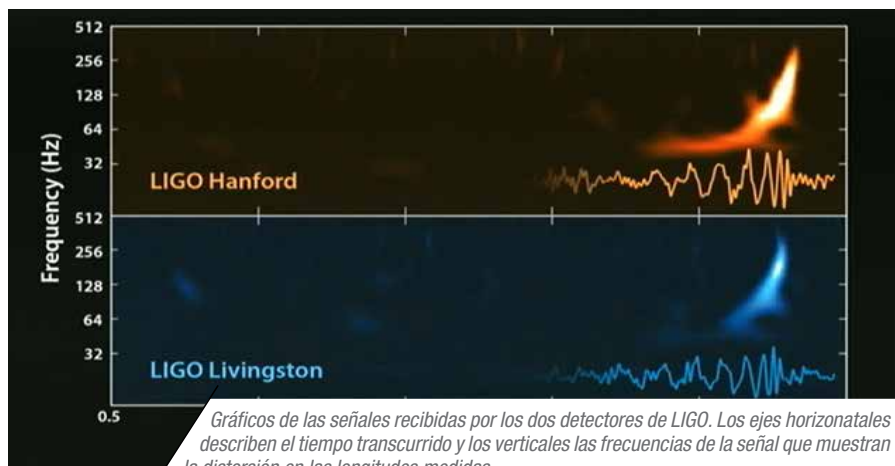
observaciones. No quedaba otra opción que rever sus propias ecuaciones. Einstein ahora sentía que Hilbert le pisaba los talones. En un esfuerzo extraordinario por reformular apropiadamente sus ecuaciones, Einstein prácticamente no salió de su estudio por todo el mes de noviembre de 1915. Luego reconocería que fue el mayor esfuerzo de su vida. Sólo se escribía con Hilbert. En una rápida sucesión de ideas, Einstein fue capaz de reformular sus ecuaciones, resolverlas bajo ciertas condiciones y obtener el valor correcto del movimiento del perihelio de la órbita de Mercurio”. El 25 de noviembre de 1915 Einstein comunicó a la comunidad científica las ecuaciones del campo gravitatorio. Hilbert arribó al mismo resultado once días después. Imaginar los vaivenes de los detalles técnicos de este duelo de gigantes es conmovedor para cualquier físico o matemático que se precie. Sin embargo, la magnitud de tanta genialidad ultra específica logró, de todas maneras, encontrar las vías históricas y sociológicas adecuadas para posicionar definitivamente a la figura de Einstein en la más alta consideración popular.

Cien años después: las ondas

Fernando Lombardo es docente, investigador y director del departamento de Física de Exactas. En una nota en el blog *elgatoylacaja*, Lombardo retoma

la historia cien años después: “Las ecuaciones de campo de 1915 predecían que debía existir algo llamado ondas gravitacionales. Hay fenómenos en el Universo que deforman el espacio-tiempo, tal como lo hacen los objetos muy masivos, pero de manera tal que crean ese tipo de ondas. Objetos masivos y muy acelerados, como la fusión de dos agujeros negros o el colapso de dos estrellas, cambian la curvatura del espacio-tiempo y producen ondas gravitacionales. Incluso el Big Bang mismo debió haber generado ondas gravitacionales. La onda gravitacional se propaga en el espacio-tiempo y podemos pensarla como una ondulación concéntrica que encoge y estira la “tela” del espacio-tiempo mientras viaja a la velocidad de la luz. El espacio-tiempo no solo está deformado por lo que contiene, sino que la información sobre lo que pasa en un punto se propaga hasta los lugares más remotos con su correspondiente demora. En septiembre pasado, dos detectores absolutamente independientes identificaron las ondas gravitacionales producidas por el choque y fusión de dos agujeros negros ocurrido hace mil trescientos millones de años”.

A su vez, Romero detalla: “Uno de los agujeros negros tenía aproximadamente 36 veces la masa del Sol. El otro, unas 29 veces. Tras fundirse en un único agujero negro, el producto tuvo 62 masas solares, y no la suma de sus masas originales (65). Las 3 masas solares de diferencia escaparon en forma de ondas gravitacionales transportando la energía equivalente –de acuerdo a la fórmula de Einstein de equivalencia entre masa y energía o $E=mc^2$ – por todo el universo. Solo una cantidad extremadamente pequeña de esa energía llegó a la Tierra. La onda fue cambiando de frecuencia, a medida que los agujeros negros se acercaban, desde 35 MHz hasta 250 MHz. Un Hz es una pulsación por segundo, y un mega es un



millón de ellas. La coincidencia entre las señales detectadas y la predicción teórica es asombrosa: Einstein, cien años después, fue nuevamente vindicado”.

Lombardo concluye: “Si bien, ese ruido gravitacional recién nos llegó ahora

a nosotros, esta detección es importantísima porque nos da un nuevo sentido para observar el Universo. Hasta este momento solo lo veíamos a través de las ondas de radiación electromagnética. Ahora también oiremos el Universo a través de las ondas gravitacionales”.

¿Cómo funciona el observatorio de ondas gravitacionales?

LIGO (Laser Interferometer Gravitational wave Observatory) es un observatorio diseñado para medir ondas gravitacionales. El principio físico en el que se basa LIGO consiste en dividir un haz láser y mandarlo en dos direcciones. Ambos haces viajan exactamente la misma distancia a lo largo de unos tubos en los que se ha hecho vacío, son reflejados por espejos, vuelven sobre sí mismos y se combinan. Desde el punto de vista ondulatorio los haces de cada láser están exactamente en fase y el detector no muestra señal alguna. Pero, si una onda gravitacional los atravesara, distorsionaría mínimamente el espacio-tiempo cambiando así la distancia que cada haz láser tiene que recorrer. Esto haría que los haces mostraran un desfase relativo y aparece entonces una señal en el detector. Esta configuración experimental es altamente sensible a pequeñas perturbaciones, razón por la cual se construyeron dos LIGO idénticos en lados opuestos de los Estados Unidos. De esta forma, para que una medición sea considerada válida, ambos deben recibir la misma señal a la vez y medirla coherentemente.

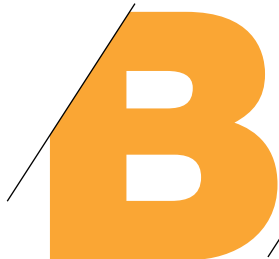


Observatorio LIGO.

Gustavo Romero, experto entre otras muchas cosas en agujeros negros y en filosofía científica, sintetiza las implicancias físicas y filosóficas del descubrimiento anunciado el 11 de febrero de 2016: “Es la contrastación de la Teoría General de la Relatividad en condiciones más extremas, comparadas a anteriores contrastaciones. Prueba la existencia de las ondas gravitacionales. Prueba que la gravitación es un campo. Prueba que el espacio vacío puede contener energía del campo gravitacional en ausencia de materia. La prueba anterior demuestra que el espacio-tiempo tiene al menos cuatro dimensiones, ya que la gravitación no puede viajar por el vacío si sólo existieran tres. Prueba que la doctrina filosófica llamada presentismo es falsa. Prueba la existencia de sistemas binarios de agujeros negros u objetos extremadamente similares a ellos. Da nacimiento a una nueva rama de la astronomía, la astronomía de ondas gravitacionales, que se suma a la astronomía óptica, la de radio, la ultravioleta, la de rayos X, la de rayos gamma, y la astronomía de neutrinos. Muestra, una vez más, que la mente de Einstein fue una de las más lúcidas que el mundo ha conocido jamás”.

No habrá ninguno igual, no habrá ninguno

Ninguno con su percepción de la realidad física. Ninguno con su capacidad de ver profundas implicancias en presuntas trivialidades del mundo cuando nadie más puede verlas o las ve pero no tiene el coraje suficiente. Ninguno con las motivaciones filosóficas de, por ejemplo, un Anaximandro. Einstein, a cien años de la Teoría General de la Relatividad y a pocos meses de un experimento brillante que la vuelve a convalidar pero, esta vez, de una manera admirable, aún nos sigue mostrando que el método de las ciencias formalizadas por la matemática está en el costado reivindicable del género humano. ▀



B I T S

B

E

W

S

<http://cienciaytecnicaargentina.wordpress.com/>

El grupo se constituyó en enero de 2016 en el contexto de una profunda preocupación por las medidas tomadas por el gobierno constitucional que asumió en diciembre de 2015, presidido por el Ing. Mauricio Macri, y se presentan de la siguiente manera “Nos hemos reunido con la premisa de que tanto la práctica como la gestión de la ciencia y la tecnología no son ajenas a las acciones generales de gobierno, al modelo económico-social y al funcionamiento del sistema democrático. Nuestra tarea cotidiana se construye sobre las bases del pensamiento crítico, por lo cual no podemos mirar para el costado frente a medidas que apuntan a generar una restauración conservadora en nuestro país, que eche por tierra conquistas sociales y populares e instale un discurso adormecedor de conciencias”.

Son sus miembros: Adrián Paenza; Alberto Kornblihtt; Ana Franchi; Carolina Mera; Daniel Filmus; Diego Hurtado; Dora Barrancos; Eduardo Dvorkin; Felix Requejo; Graciela Morgade; Jorge Aliaga; Jorge Geffner; Juan Pablo Paz; Marcelo Ruiz; Mirta Susana Iriondo; Osvaldo Uchitel; Raquel Chan; Roberto Salvarezza y Sandra Carli.



O

I

T

I

S

<http://latamsatelital.com/>

Portal de noticias sobre el espacio satelital latinoamericano, con excelente y actualizado material informativo y gráfico. Servicios, lanzamientos, proyectos, todo lo que a usted le puede interesar sobre el espacio satelital con un marcado sesgo latinoamericano. ¿Qué están haciendo ahora nuestros satélites geoestacionarios? ¿Cómo marcha el proyecto de nuestro lanzador Tronador II?

Un emprendimiento sumamente didáctico de Guillermo Rus (ex-vicepresidente de ARSAT), con la colaboración de Fernanda de la Mota y otros.



HUMOR por Daniel Paz



Claudia Marsicano

La mujer de Gondwana

Namibia o el Reino de Lesotho, la isla de Tasmania o el norte de Australia, la precordillera de los Andes en La Rioja o la Patagonia argentina, sin olvidar la selva de Brasil. A todos esos puntos del planeta va en busca de un continente que no existe más como tal. Viaja 250 millones de años atrás. A continuación, los relatos de campaña de una paleontóloga.

Cecilia Draghi - cdraghi@de.fcen.uba.ar
Fotos: Gentileza Claudia Marsicano

Hace décadas que está tras un gigantesco continente perdido. Viaja a donde sea para encontrarlo. Oceanía, África y distintos sitios de América del Sur fueron o son parte de sus destinos. Vuelos interminables, miles de kilómetros a bordo de camionetas 4x4, horas y horas a lomo de mula son algunas de las formas de alcanzar ese pasado remoto, y armar allí campamento. Suele ser la única mujer en el equipo internacional de científicos que hurga en desiertos, selvas, estepas o montañas para desenterrar huellas de vida de hace más de 250 millones de años.

Ella es menuda, delgada, muy coqueta y no duda en cambiarse los tacos por

borcegos, la falda por un par de bermudas de explorador y la cartera citadina por una mochila cargadísima con piqueta, brújula, GPS y agua, la bendita agua. Habla con pasión, y no menciona sus logros, ni el reciente artículo publicado en la prestigiosa revista *Nature Communications*, donde se la presenta como la paleontóloga de la Universidad de Buenos Aires a cargo de un interesante hallazgo en el norte de Brasil sobre los primeros vertebrados que poblaron la región. Tampoco dirá nada de su publicación en la también muy prestigiosa *Proceedings* de la Academia de Ciencias Naturales de Estados Unidos (PNAS). Allí, según sus estudios en la Formación Chañares, en La Rioja, los dinosaurios “aparecen y empiezan a diversificarse con bastante rapidez”, y



Fraserburg, Sudafrica.

a un ritmo superior al que originalmente se pensaba.

“Yo trabajo en el Triásico”, dice sobre ese período del Mesozoico ocurrido hace tanto pero tanto tiempo, que cuesta dimensionarlo. Basta comparar que los 2016 años que llevamos de esta era después de Cristo, equivalen apenas al 0,008 por ciento de las toneladas de calendarios que pasaron desde ese ayer lejano hasta hoy. No solo trabaja en otro tiempo, sino en un lugar que no existe más como tal: el continente de Gondwana. “Para la época que yo estudio, los continentes (Sudamérica, África, Australia, Indostán y Antártida) estaban todos reunidos. Como estaban juntos y a similar latitud, la flora y fauna eran comunes. Ahora, la fauna de Patagonia no tiene nada que ver con la del norte de Brasil, por una diferencia climática latitudinal. Si se está interesado en trabajar en las biotas para ese momento es importante hacer campo en esos lugares”, dice desde su laboratorio del departamento de Ciencias Geológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA.

Uno de sus destinos desde hace cinco años es una reserva africana en Namibia, la de la cuenca del río Huab, y a la que volverá pronto, cuando seguramente se repetirá esta escena: un vuelo Buenos Aires-San Pablo-Johannesburgo. Ya en

Sudáfrica, y reunida con cuatro o cinco científicos de distintos puntos del planeta, partirán en tres camionetas en un viaje de dos días. “Recorremos rutas por una distancia similar a la que hay entre Buenos Aires y Río de Janeiro”, compara. “Uno de los vehículos –agrega– solo lleva una carga estratégica: el agua. No podemos consumir la local, pues estamos más sensibilizados a los parásitos y a las sales. Solo llevamos lo necesario para beber y cocinar. Olvidate de usarla para bañarte, ni nada que se parezca”.

Todo está calculado: “El calor del lugar adonde iremos, cuánto líquido toma una persona por día a esas temperaturas y lo que se requiere para cocinar. Aprendí a racionar en una de mis primeras campañas en La Rioja, con un grupo muy experimentado que había estado en Níger y Mongolia. Ahí hice mi máster en campamento”, bromea.

Requisito TOC

“Las campañas sirven para hacer grandes amigos y grandes enemigos. Se vive una situación de estrés. Ahí todos somos sapos de otros pozos. Todos estamos bajo presión de trabajo y para hacer esto hay mucho costo de por medio, tanto monetario como de logística, y se debe responder con trabajo. Todas las mañanas, estés cansada o no, te haya picado un bicho o te duela o no

la panza, hay que ponerse en marcha. Todos necesitamos de todos”, relata.

Ninguno está demasiado cómodo. Las jornadas son largas, hay que caminar, trepar, cargar muestras, soportar calor o frío, insectos o pumas, vientos molestos o una brisa agradable. La naturaleza en estado puro genera en los humanos reacciones inesperadas. “La afinidad en la oficina puede ser muy linda, pero en el campo la gente cambia. Hay personas que aprecio un montón, pero no salgo ni loca con ellos de campaña”, dice.

Con unos 25 años de trabajo de campo, el equipo de esta investigadora del CONICET fue formado luego de una puntillosa selección. ¿Uno de los requisitos básicos? “Toda la gente que conozco, y con la que me llevo bárbaro en el campo, todos tenemos TOC (trastorno obsesivo compulsivo). Es que uno no se puede olvidar de nada, nada puede quedar librado al azar”, sonríe.

Hipercuidadosos y minuciosos. La experiencia nos recuerda lo mal que uno la pasa cuando no se llevaron herramientas de repuesto, el abrigo necesario o un analgésico extra. “Estoy tan acostumbrada a ir a lugares donde no hay nada, que en el equipaje meto todo. Si se puede comprar en algún pueblito a dos horas del campamento bien, pero



K. Angielczyk

Tocantins, al noreste de Brasil.

nunca cuento con eso porque es demasiado riesgoso. En Namibia estamos en un desierto, no hay nada. Es una reserva natural de rinocerontes, que normalmente no se ven porque a los animales no les gusta mostrarse. A veces, vienen a la noche al campamento a chusmear. Es bastante divertido”, grafica y continua: “Ahí, al ser un área protegida, no se puede circular por cualquier lado con el vehículo para no hacer huella que arruina el medio ambiente”.

Las camionetas quedan al costado del campamento, que será su hogar por dos o tres semanas. “Es tan engorroso en trámites y permisos, que no se puede ir por cinco días a Namibia”, señala. Siempre va en invierno, porque el verano es un infierno. “Te levantas ni bien amanece alrededor de las 6.30, desayunas. Cuando el sol está a la vista, ya salís. A las 5 de la tarde, volvés para aprovechar la luz. Comés alrededor del fuego, es un poco tu *leitmotiv*, tu luz y motivo de reunión. A las 9 de la noche –describe–, me voy a dormir, quedo fundida. Armo mi hogar donde me toque. Si es carpa, ese es mi nido. Ahí están mis cosas, mi ropa; y mi almohada de plumas, que la llevo a todos lados, ya tiene más millas que una azafata”.

Si el cansancio no la vence pronto, lee con una linterna en el lugar del planeta que jamás pensó estar, porque ella

imaginaba investigar desde un barco en altamar. “Yo quería ser bióloga marina”, recuerda. Pero una materia –Introducción a la Geología– la entusiasmó muchísimo cuando cursó la carrera de Biología en Exactas, y hasta la hizo dudar de su vocación inicial. Al final, la paleontología logró unir sus dos pasiones: biología y geología.

Tras rastros, sin dejar huella

Paradójicamente, ella, que vive buscando rastros de vertebrados que habitaron Gondwana, es estrictísima en no dejar señales de sus propias pisadas. “No queda ni un papel, ni la más pequeña muestra de que estuvimos allí”, destaca. Cuando levanta el campamento, la frase es literal, y le molesta cuando encuentra residuos del trabajo de colegas por campañas realizadas hace años. Ella vive, siente y toca el planeta a diario en busca de sus secretos, y detesta dañarlo.

Se siente tan integrada a la montaña, a la selva o al desierto como a su equipo de trabajo. “Vamos a lugares complicados en los que necesitás de todos, y todos de vos”. Por ejemplo, no mirar donde se camina puede llevar a una lesión que incide no solo en el afectado, sino en el grupo que debe turnarse para cuidarlo y cubrir su ausencia en el trabajo. “Un profesor geólogo petrolero

me enseñó que en el campo hay que ser muy cuidadoso. Se debe tener un ojo en los colegas, ver dónde están ellos y vos. Definir un plan: ‘En tres horas nos encontramos en este árbol o en esta roca’. Las decisiones se toman en conjunto, las personas no andan como perdidas, primero, porque es peligroso y, segundo, porque es un gasto de energía”, enfatiza.

No solo colecta restos de vertebrados, su especialidad, sino que levanta todo lo que cree que puede servirle a sus colegas. “Soy una juntadora sin fin”, ríe. “Plantas, troncos”, enumera en una larga lista. “Me gusta tener una idea más acabada de cómo habría sido ese ecosistema –explica–. Soy profesora de Paleontología de Vertebrados y de Paleoeología. Me gusta imaginarme cómo habría sido el ambiente en ese entonces. Quiénes eran, cómo vivían, qué plantas podría haber, con quiénes compartían. A veces los fósiles permiten eso y otras no se tiene la más pálida idea de qué más había”.

El vínculo con los otros es como el de una cooperativa, según define. “Al final del día todo el mundo está cansado de haber tenido que caminar hasta diez kilómetros, escalar, buscar fósiles o lo que sea”, reconoce. Y como todos están igual de agotados, todos ayudan a conseguir leña o lavar los platos.



Las campañas a la reserva de Namibia se hacen siempre en invierno, porque en verano, el calor hace que sean imposibles.

A ella le encanta cocinar. Es más, sus colegas intentan convencerla para que escriba un libro con relatos y recetas. “Es mi relax. Hago comida argentina, por supuesto, pero también platos chinos o indios al wok, guisos sudafricanos o españoles. Como se cuenta con poca agua y sin heladera, hay que aguzar el ingenio. No puedo usar cuatro ollas porque luego hay que lavarlas e implica un gasto de agua. A lo sumo dos”, dice.

Disfrutar y pensar

Desde los años noventa, en que hizo su trabajo de posdoctorado en Australia, con campo en el norte de ese país y

hasta en la isla de Tasmania, no ha vuelto por ese rincón del mundo, pero lleva algo de allí adonde va. “En Australia aprendí algo que adoro: es que al campo se va a trabajar y a pensar. Entonces, debes tratar de pasarlo lo mejor posible. Esto significa comer bien, en la medida de lo posible; si estás cansado, descansar. No se trata de hacer una carrera para probar quién es el más fuerte, quién camina más, quién sube primero. No hay Rambos. No hay competencia de ese estilo”, afirma.

Hacer ciencia en paz es para ella un valor supremo. “Tengo colegas que trabajan en Níger o en el norte de

África y deben llevar guardias armados para hacer sus investigaciones debido a los conflictos civiles que existen en esos países. Yo dije: ‘Ni loca’. Hay un montón de lugares en el mundo donde puedo trabajar perfectamente. Me encanta estar sola y tranquila. Hacer ciencia y no pensar que tengo un custodia al lado mío”.

Ante ese panorama, cualquier otro riesgo es preferible. “No tengo problema con los animales salvajes. No tengo miedo, solo hay que ser cuidadoso”, dice quien ha visto pumas, entre otros, en la precordillera de los Andes en la Argentina. “Mi límite son las personas violentas, que son –estima– mucho más peligrosas”. En el nordeste de Brasil (Piauí y Maranhão), en plena selva, “los bichos, el calor y la humedad son mortales. Todos vuelan y pican, se debe estar llena de repelente y cubierta de ropa, porque hay malaria, dengue y fiebre amarilla. Es tremendo”, expresa, sin olvidar cuando sufrió una severa reacción alérgica por picadura de jejenes, por la que se convirtió en un monstruo por la inflamación y debió quedar postrada por tres días en la carpa.

¿Alguna vez se planteó “qué hago acá”? “No, jamás –contesta–. Si no se tiene pasión por esto, no se puede hacer. Es mucho el esfuerzo físico y mental de trabajo”.



Canteras en las afueras de Teresina en el estado de Piauí, NE de Brasil.



Camino al área de trabajo en las afueras de la ciudad de Moyo, al sur de Lesotho.

Claro que la selva le depara plantas impactantes y animales increíbles, pero “a veces uno levanta una piedra y halla un gran alacrán o una tarántula. Y... les saco una foto, son maravillosos”, resalta.

Impacto profundo

Desde hace quince años va a Sudáfrica, y en su interior se halla el Reino de Lesotho, donde hace una década también lleva adelante trabajos financiados por National Geographic: “Sudáfrica es como acá (Argentina); pero Lesotho es bastante diferente, es la típica comunidad africana pobre, con baños comunitarios sin puerta, mucha gente todo el

tiempo yendo de acá para allá y cursos de agua adonde tiran de todo, son basurales”, manifiesta con inquietud. “Por el SIDA, se perdió toda una generación. Hay chicos de 10 a 12 años, criados por sus abuelos porque sus padres murieron por el virus del HIV. Da mucha lástima, porque todos esos problemas son arreglables”, lamenta por enésima vez.

Allí, tiempo atrás, ella formó una especie de jardín de infantes exploratorio. “Se acercan un montón de chicos, porque somos bichos raros. Les llama la atención verme levantar perfiles, trayendo fósiles, trabajando en el campo, porque la mujer allá se queda en la casa y cuida a los niños.

Yo era la única en Lesotho que estaba a la par de los hombres. Los chicos siempre dan vuelta a mi alrededor, mientras hago excavaciones. Todos tienen menos de seis años, porque el resto va al colegio. Los niños no les hablan a los hombres, pues se supone que están trabajando y no se los debe molestar, pero sí pueden hacerlo con las mujeres. Así que no paran de hacerme preguntas, ni de querer tocar los lápices, la brújula, los anotadores”, grafica. Hoy, tras diez años de visita, ya tiene numerosos amigos, y quizás alguno de esos pequeños siga sus pasos.

El viaje de ella por encontrar rastros de este continente perdido no cesa, ni tampoco su paseo por el tiempo. Es consciente de ser una permanente pasajera. “Somos súper-pasajeros, y más cuando se trabaja con cosas que tienen 250 millones de años de antigüedad, como me pasa a mí. Entonces, ochenta años de vida es un soplo, no es nada. Cuando se trabaja en paleontología y se ve fauna y flora, o la vida a través del tiempo, se observa que la naturaleza siempre sobrevive, siempre va a seguir. La naturaleza evoluciona. Si los hombres estamos dentro de ese plan, sobreviviremos; y si no, no. Pero si nos vamos a extinguir, hagámoslo solos, no nos llevemos inocentes con nosotros”, dice ella, incansable cuidadora del planeta.

Ella es Claudia Marsicano. ▀



Excavación en Santa Cruz, en la Patagonia argentina.

Y dónde está el piloto

Prometen revolucionar la robótica móvil. Son vehículos aéreos no tripulados que vuelan por sus propios medios y pueden auxiliar a las personas en tareas complejas. Conocidos comúnmente como “drones”, aparentan ser la nueva moda en el aeromodelismo y las filmaciones de eventos. No obstante, existen interesantes usos de estos robots en el campo de la salud, la agricultura y el medio ambiente. Una exploración al desarrollo tecnológico que toma altura.

Ignacio Uman - iuman@dc.uba.ar

¿Es un pájaro, un avión? No, es un VANT, un vehículo aéreo no tripulado (UAV en inglés) capaz de volar por sus propios medios, y que no transporta al piloto que lo navega. Existen dos modelos principales: los de ala fija (se asemejan a pequeños aviones) y los de hélices (multicópteros cuya cantidad de rotores puede variar). Como muchos otros desarrollos tecnológicos, comenzó con las investigaciones militares, especialmente en el campo de la inteligencia.

En los últimos años su uso cobró popularidad a partir de la reducción de los costos de sus componentes principales –control remoto, antenas, cámaras de video–, la miniaturización de sus componentes y la relativa facilidad para operarlos.

Por su mención constante en los medios masivos de comunicación, empezó

a ser reconocido por la palabra *drone*. Etimológicamente la palabra proviene del término en inglés, que significa abeja o zángano. El sonido característico de los drones es el del zumbido; eso explica la analogía con la naturaleza ya que parece imitar el zumbido de las abejas durante su vuelo.

Los drones se volvieron más codiciados cuando aparecieron como un producto de consumo en cadenas de electrodomésticos y sitios de comercio electrónico de Argentina. Hoy en día, los aficionados tienen la posibilidad de volar cuadricópteros (drones de cuatro hélices) livianos y con baja autonomía de vuelo. También es común observarlos en un espectáculo al aire libre, donde se utilizan para filmaciones. Todo ello emulando a un avión a control remoto, aunque un poco más sofisticado, ya que no son un “juguete”, ni mucho menos (ver recuadro Regulación para el uso de drones en Argentina). No sería ficticio pensar que, en un futuro

próximo, estos nuevos robots convivan en el espacio aéreo con otros vehículos.

Pero, dejando la futurología de lado, en Argentina, como en otros países, los robots vigías para defensa, seguridad y control están en el centro de la escena. El proyecto SARA (Sistema Aéreo Robótico Argentino) surgió en 2010 por iniciativa del Ministerio de Defensa, con el objetivo de dotar a la defensa nacional de sistemas aéreos no tripulados para la vigilancia de los grandes espacios aéreos, terrestres y marítimos del país. Para ello INVAP se encuentra trabajando en el desarrollo de los primeros modelos de VANT. Al mismo tiempo, desde hace dos años existen drones para realizar actividades de fiscalización por parte de los organismos de control tributario. La Agencia de Recaudación de Buenos Aires (ARBA) recurrió a uno de ellos para detectar propiedades no declaradas en distintas zonas de la provincia y notificar a sus dueños de sus



obligaciones tributarias. Lo hecho por la agencia recaudadora no hizo más que seguir los pasos que ya se habían dado en otras entidades. Por ejemplo, en 2013 el Municipio de Tigre incorporó estos vehículos para complementar tareas de seguridad ciudadana.

Científicos de alto vuelo

En las universidades e institutos de investigación nacionales relacionados con robótica móvil –caracterizada por robots que interactúan con su entorno– se están desarrollando nuevas aplicaciones para los robots aéreos. Ejemplo de ello es el Laboratorio de Robótica y Sistemas Embebidos de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA.

“A partir del vínculo con investigadores de República Checa, pudimos ver cuáles eran los temas principales de investigación y conocimos los primeros robots aéreos que trajimos a la universidad, que son los

Parrot AR.Drone. Compramos dos para el laboratorio y así empezamos los primeros trabajos en el tema, llegando a desarrollar nuestro propio prototipo de cuatro hélices”, puntualiza Pablo De Cristóforis, investigador del laboratorio en Exactas-UBA

“Para hacer volar este cuadricóptero desarrollamos un algoritmo que tiene dos niveles: uno que controla que el vehículo se mantenga en la misma posición, estable en altura y velocidad, controlando cada uno de los motores, y otro de mayor nivel que debe resolver el problema de la trayectoria, cómo ir de un lugar al otro, para lo que utiliza las cámaras y sensores de movimiento”, explica De Cristóforis, quien realizó en Exactas su doctorado en computación sobre robots móviles.

“La ventaja de estos algoritmos es que tienen la capacidad de adaptarse a cambios, tanto internos del dispositivo como del ambiente, por lo que el propio vehículo va modificando su acción

de acuerdo a la tarea que se espera que realice”, agrega De Cristóforis.

A diferencia del uso de un sistema de posicionamiento global o GPS –que sería la forma más simple de guiar al autopiloto del robot en un mapa– en el Laboratorio de Robótica desarrollaron un método de navegación autónoma basado en visión para robots aéreos del tipo multicóptero. Ese fue el tema central de la tesis de doctorado de Matías Nitsche, investigador y docente de Exactas. “La idea principal de trabajar con visión, con respecto a un GPS, es que en general el GPS solo funciona en un entorno exterior”, aclara. “Entonces, tanto para el espacio interior de un edificio o para un espacio exterior donde hay muchos obstáculos que suelen bloquear la señal de GPS, resulta necesario tener otro tipo de métodos de sensado como la visión, que provee mucha información del ambiente y la procesa en tiempo real, facilitando al robot guiarse por sí mismo”.



Juan Pablo Vittori

Prueba del funcionamiento de un cuadricóptero durante la Semana de la Computación, que se realiza todos los años en Exactas-UBA.

Para desarrollar este tipo de navegación autónoma, Nitsche aplicó una técnica que se llama “teach and replay” (enseñar y repetir). Su objetivo era que el robot pueda repetir un camino lo mejor posible, que ya fue previamente aprendido a partir de que se le enseña la ruta que debe cumplir para una tarea.

Teniendo en cuenta esta investigación, una de las aplicaciones que se está desarrollando en Exactas es un sistema de monitoreo de bosques nativos utilizando VANT. El proyecto se lleva a cabo en forma interdisciplinaria entre el Laboratorio de Robótica y Sistemas Embebidos, el Grupo de Estudios de Sistemas Ecológicos en Ambientes Agrícolas y el Grupo de Procesamiento de Imágenes y Visión por Computadora, en el marco de la convocatoria PICTO 2014. “En el bosque chaqueño, que es donde aplicaremos este sistema, los ingenieros agrónomos hacen un relevamiento a pie o se utilizan imágenes satelitales que no tienen una periodicidad. Entonces nunca se llega a tiempo de evitar una deforestación”, comenta

Regulación para el uso de drones en Argentina

En noviembre de 2015 entró en vigencia el Reglamento Provisional de los Vehículos Aéreos No Tripulados aprobado por la ANAC, Resolución 527/2015, que regula su utilización en el país para “velar por la seguridad operacional de todos los demás usuarios del espacio aéreo así como la seguridad de las personas y los bienes en superficie”; teniendo en cuenta que aun no existe una reglamentación internacional sobre el tema.

Claves del Reglamento:

- La ANAC clasifica a los drones de acuerdo a su uso. Los artefactos de “uso recreativo o deportivo” son aquellos operados por diversión, esparcimiento, placer y sin otra motivación. Esta definición excluye su uso para “la fotografía o filmación no consentida de terceros o de sus bienes o pertenencias; la observación, intromisión o molestia en la vida y actividades de terceros; la realización de actividades semejantes al trabajo aéreo”.
- Establece tres categorías de drones con respecto a su tamaño: los pequeños no pueden exceder los 10 kilos de peso vacío, los medianos pesan entre 10 y 150 y los grandes de más de 150 kilos.

-Los usuarios de aparatos de más de 10 kilos deben sacar un registro para usarlos en forma legal y están obligados a contratar un seguro de responsabilidad por los daños a terceros que pudiera ocasionar su operación.

-Quienes operen drones medianos y grandes deben “contar con aptitud psicofisiológica certificada por un hospital público, que dé cuenta de su aptitud visual y auditiva como así también de su motricidad fina”, requisito que se acredita cada dos años.

-Los menores de 16 años no pueden usar drones y aquellos que estén en la barrera entre los 16 y 18, solo podrán volarlos con la supervisión de un adulto. Además, el artículo 28 del reglamento advierte que “ningún miembro de la tripulación remota participará en su operación bajo los efectos del alcohol o drogas”.

-Los drones pueden operar “exclusivamente en horario diurno y en condiciones meteorológicas visuales que permitan su operación segura”; por lo tanto, los vuelos nocturnos están expresamente prohibidos salvo que cuenten con una autorización excepcional del organismo. Los vuelos acrobáticos quedan también cancelados.

-Los drones no pueden superar una altura máxima de 122 metros sobre el nivel del terreno. La ANAC también prohíbe la operación de vehículos aéreos pilotados a distancia en espacios aéreos controlados o dentro del área de influencia de aeropuertos.



Foto del centro de la Ciudad de Buenos Aires, tomada desde un dron.

De Cristóforis. “Tampoco se cuenta con la cantidad de ingenieros suficientes para relevar las especies de todas las provincias, con lo cual no se termina cumpliendo la Ley de Bosques”.

El proyecto involucra utilizar drones para tomar fotografías, registrando nuevas imágenes de la superficie del bosque y con esa información generar un mapa para conocer las zonas donde haya agujeros, identificando y clasificando cada especie de árbol. Esto complementará el trabajo humano para relevar zonas deforestadas. Llegado el caso, la tarea se podría hacer coordinada con varios drones volando al mismo tiempo. Desde el laboratorio de Exactas explican que también han tenido consultas para utilizar este tipo de tecnologías en detección de incendios forestales, conteo de poblaciones de animales en peligro de extinción y monitoreo de líneas de alta tensión.

Por otra parte, en el Instituto de Automática –perteneciente a la Universidad Nacional de San Juan y el

CONICET– unos diez investigadores se encuentran trabajando con robots aéreos multicopteros en aplicaciones de agricultura de precisión. “Contamos con diferentes proyectos que permiten generar un mapa georeferenciado del estado de los cultivos, hacer un seguimiento de los mismos mediante índices de estado vegetativo, de estrés hídrico y saber con precisión qué cantidad de agroquímicos aplicar en cada sector”, precisa Ricardo Carelli, director del Instituto de Automática, docente e investigador.

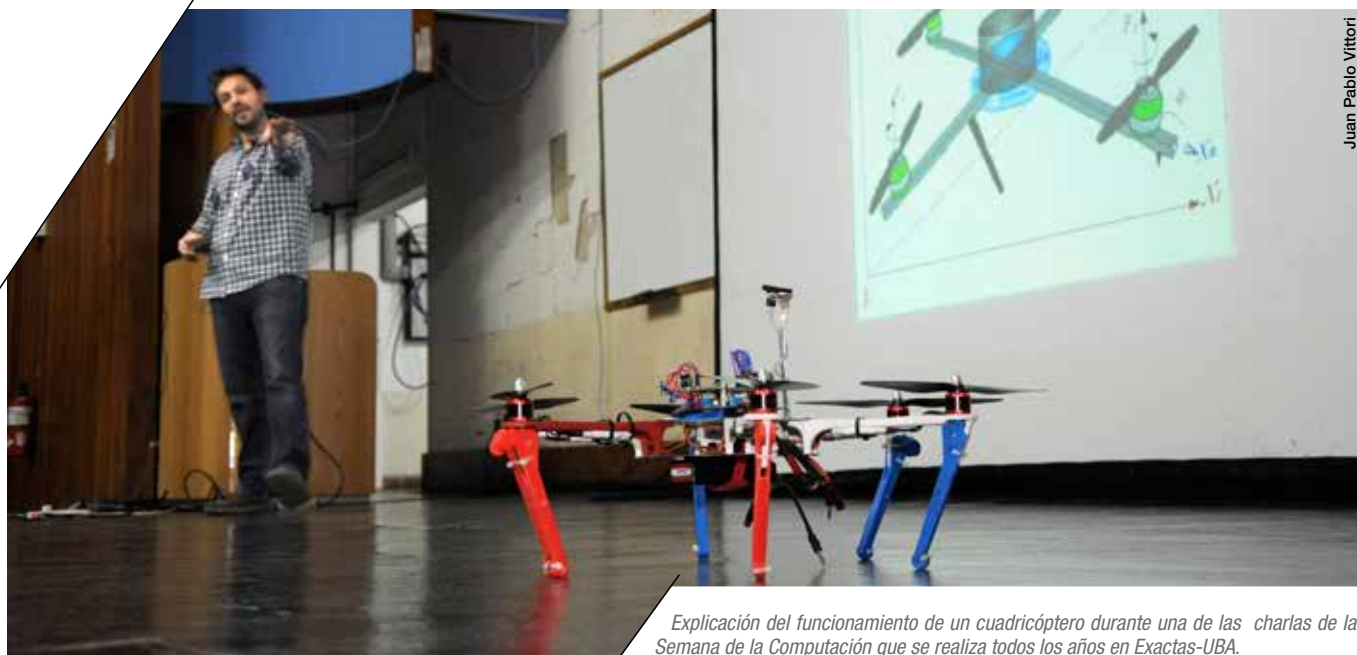
Desde el Instituto de Automática colaboran conjuntamente con el INTA Regional San Juan, en el monitoreo de cultivos de frutales y vides mediante robots a hélice. También están por transferir su tecnología a una empresa nacional de semillas de maíz, que necesita hacer un monitoreo preciso del estado de las plantaciones que suelen ser afectadas por plagas. Todo ello apunta a complementar el trabajo que ya vienen realizando los ingenieros agrónomos desde la superficie terrestre. “Ya hemos desarrollado tres prototipos de drones, que fueron

sometidos a pruebas de vuelo y al testeo de los algoritmos de seguimiento servo-visual. Desarrollamos todo el software y el sistema de visión que permite la navegación con cámaras para hacer un seguimiento preciso de las plantaciones”, explica Carelli, quien es doctor en ingeniería eléctrica.

Y anticipa que “el futuro de la robótica móvil tiene que ver con imaginar cómo robots y humanos compartirán un mismo espacio de trabajo y, en cuanto a la investigación en particular, cómo combinar la supervisión humana con la operación autónoma de los robots”.

El drone ambulancia

Otro interesante proyecto es el uso de un dron que asiste rápidamente en emergencias médicas, creado por médicos e ingenieros de la empresa Medivac. La iniciativa surgió a partir del modelo RoboKopter, un aparato polaco que los inspiró a adaptar un desarrollo local que pudiera actuar en situaciones donde es fundamental una rápida respuesta, tales



Juan Pablo Vittori

Explicación del funcionamiento de un cuadricóptero durante una de las charlas de la Semana de la Computación que se realiza todos los años en Exactas-UBA.

Ficha técnica del Cuadricóptero de Exactas

Fue desarrollado en el Laboratorio de Robótica y Sistemas Embebidos, donde trabajan con VANT multicópteros, entre otras tipologías de robótica móvil.

-Dimensiones: radio de 40 cm aprox.

-Peso: 2 kilos

-Altura y velocidad: 500 metros de altura y velocidad de 5 mts. por segundo.

-Autonomía de vuelo: 20 minutos.

-Componentes básicos: cuatro motores, computadora de abordo Odroid, sensores de flujo óptico, sonar, unidades inerciales y cámaras estéreo. Los motores y toda la electrónica utilizada es estándar y de bajo costo.

-Software: 100% desarrollado en el Laboratorio. Tanto el software como el hardware siguen la filosofía open-software y open-hardware respectivamente.

-Navegación: cuenta con un método de navegación autónoma; no requiere que un operador lo pilotee ni depende de una ruta predefinida con GPS y puede volar tanto en ambientes exteriores como interiores.

como accidentes en rutas, incendios, derrumbes, catástrofes naturales o lugares con concurrencia masiva (un partido de fútbol o un recital). El desarrollo de los prototipos se está realizando en conjunto con la empresa Aero Spacio Films.

“Tenemos un drone ambulancia ya testado, un exacóptero que puede cargar un desfibrilador, un botiquín de primeros auxilios, una cámara 4K que puede transmitir en vivo y un micrófono con parlante para comunicarse con un asistente”, precisa el médico Diego Pereyra, CEO de Medivac y alma mater del proyecto.

La idea de Medivac llegó hasta el club de fútbol Boca Juniors, que quiere convertirse en el primer estadio del mundo en tener un drone ambulancia con desfibrilador, para poder asistir rápidamente a los espectadores y evitar muertes súbitas. Este robot de seis hélices, modelo DJI, puede alcanzar una altura de 400 metros. “Hicimos el simulacro del dron ambulancia en la cancha de Boca y todo salió perfecto. Este auxilio reduce considerablemente los tiempos de una emergencia. Al mismo tiempo estamos trabajando con empresas de medicina privada que cuentan con el servicio de ambulancia y con empresas nacionales de tecnología”, puntualiza Pereyra.

“Ya tuvimos un pedido de Defensa Civil de la provincia de Buenos Aires para

ayudar en la búsqueda o asistencia de personas ante inundaciones”, agrega el médico. Y explica que si bien cuentan con todos sus prototipos operativos, en muchos casos los tiempos administrativos y legales no contribuyen a terminar de concretar estas solicitudes. “Sin embargo, el hecho de que la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC) ya haya reglamentado el uso de los drones es un avance”, concluye.

En todos los casos la principal desventaja de los robots a hélice resulta la autonomía de vuelo, debido a que utilizan baterías eléctricas y tienen una importante limitación en el peso de las baterías que pueden cargar. Estos robots vuelan solamente entre 20 y 30 minutos, a diferencia de los VANT de ala fija que, al utilizar combustible, su autonomía se extiende a unas dos horas. Sin embargo, al no poder detenerse en un punto fijo, los vehículos de ala fija están más limitados para cumplir las tareas asignadas a los modelos de hélice.

Por último, cabe recalcar que a los robots adquiridos comercialmente no se le pueden hacer modificaciones en su arquitectura. En muchos casos, eso llevó a los investigadores y emprendedores de los diferentes proyectos a desarrollar un prototipo propio, incorporándole una computadora de abordo para dotar al robot de mayor poder de procesamiento. ▀



BIOLOGÍA
MOLECULAR

Nueva técnica de manipulación genética

CRISPR: el editor de genes

La llaman la técnica de biología molecular más innovadora del siglo XXI. Permite editar, cortar, pegar y cambiar genes de una manera fácil y sin necesidad de equipamientos caros de laboratorio. ¿Qué es CRISPR/Cas9 y por qué despierta amores y odios?

Ana Belluscio - anabelluscio@gmail.com

Está en boca de todos y ha llenado varias páginas en las revistas científicas más prestigiosas. Muchos ya la consideran el desarrollo más importante de los últimos años y comparan su impacto al que tuvo la PCR (reacción en cadena de la polimerasa), que sirve para aumentar el número de copias de porciones de ADN. Desarrollada hace poco más de cuatro años, hoy enciende debates en todo el mundo. Pero ¿qué es exactamente la tecnología CRISPR/Cas9?

A grandes rasgos, es una técnica que permite editar genes. Así de sencillo, así de complejo. Ahora se pueden cortar, pegar, empalmar y eliminar secuencias de ADN de una célula e incluso crear genes a medida. Permite introducir mutaciones puntuales, generar organismos modelos para estudiar enfermedades y, a futuro, muchos especulan que podría servir para tratar patologías con base genética.

Pero, por otro lado, nuevas preguntas empiezan a surgir en torno a su alcance y potenciales efectos. ¿Quién

regula qué organismos y cómo se pueden modificar?

En el inicio

Todo comenzó con una pregunta: ¿cómo hacen las bacterias para defenderse de las infecciones virales? Diferentes trabajos habían notado que, una vez que una bacteria es atacada por un virus, genera una especie de 'inmunidad' que le permite resistir su ataque durante una nueva infección.

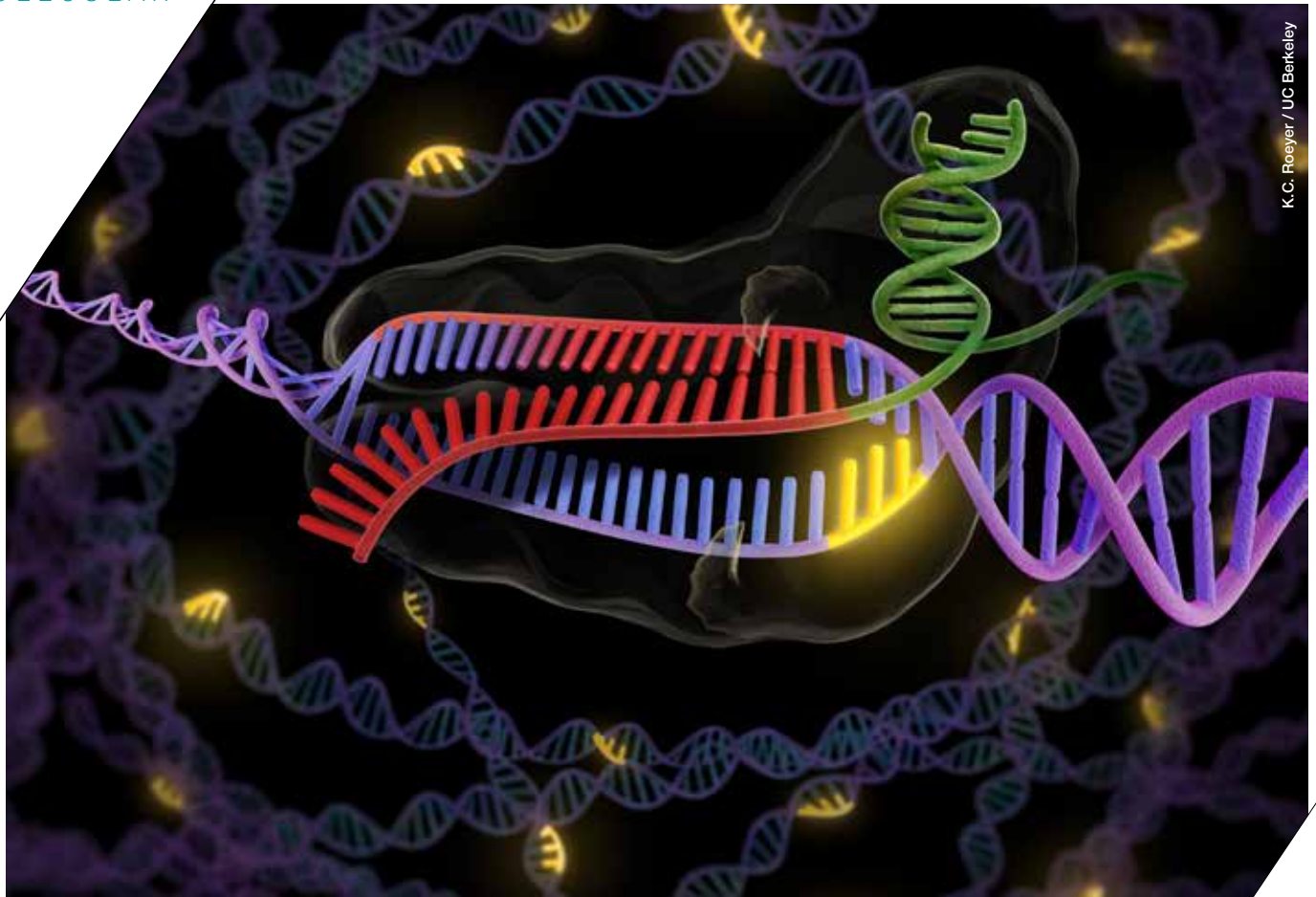
La clave reside en el sistema CRISPR. Cuando el patógeno ingresa a la bacteria, se activa una maquinaria que corta secuencias del genoma del invasor y las integra en los sitios CRISPR (por el acrónimo en inglés de Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas y Regularmente Interespaciadas) del propio genoma bacteriano. Estas secuencias son luego transcritas a pequeños ARN, que a su vez se unen a endonucleasas bacterianas (Cas9 es una de ellas) para 'cortar' el genoma de los patógenos invasores justamente en donde se encuentran esas mismas secuencias, y así desactivarlos.

Tras descubrir este sistema, los investigadores usaron esos mismos principios para poder replicar el mecanismo en cualquier otra célula y ahora se pueden editar pequeñas porciones de cualquier genoma a voluntad.

El microbiólogo rosarino Luciano Marraffini es profesor en el Laboratorio de Bacteriología de la Universidad Rockefeller, Estados Unidos. Y, a la sazón, su trabajo contribuyó al descubrimiento del sistema.

"Es una técnica que funciona muy bien y es muy efectiva", cuenta. "En laboratorios el uso más inmediato es para hacer genética en organismos que antes no se podían modificar. Por ejemplo hace poco conocí a una persona que trabaja con mariposas y estudia sus ojos, algo bastante fuera de lo común para organismos modelo. Ellos inyectan Cas9 muy fácilmente en los huevos y pueden hacer un mutante del gen que quieran", agrega.

¿Por qué tiene tanto impacto esta técnica? ¿Qué ventajas tiene en relación a otras herramientas para la edición de genes? Marcelo Rubinstein es investigador Superior del CONICET y profesor



en Exactas-UBA. En su laboratorio del Instituto de Investigación en Ingeniería Genética y Biología Experimental (INGEBI) se especializan en el diseño de animales modificados genéticamente para diferentes investigaciones y, desde hace dos años, trabajan con CRISPR/Cas9.

Para Rubinstein, los beneficios de esta técnica pasan por dos puntos. “Por un lado, permite hacer edición de genomas en cualquier organismo: bacterias, eucariotas unicelulares, plantas y animales vertebrados e invertebrados: es un sistema universal. Y la otra gran ventaja es que es una técnica relativamente sencilla de usar, que tiene una gran capacidad de atravesar fronteras y de incorporarse rápidamente a muchos laboratorios e institutos. No es necesario tener aparatos sofisticados o técnicos especialistas que las manejen, cualquier persona la puede usar”, dice.

Marraffini agrega que la están usando estudiantes de licenciatura durante sus

pasantías en laboratorios porque “es muy fácil y muy eficiente” y en el laboratorio de Rubinstein, a dos años de la adopción de esta técnica, ya hay cuatro tesis de doctorado que se basan en su uso.

Impacto y alcance

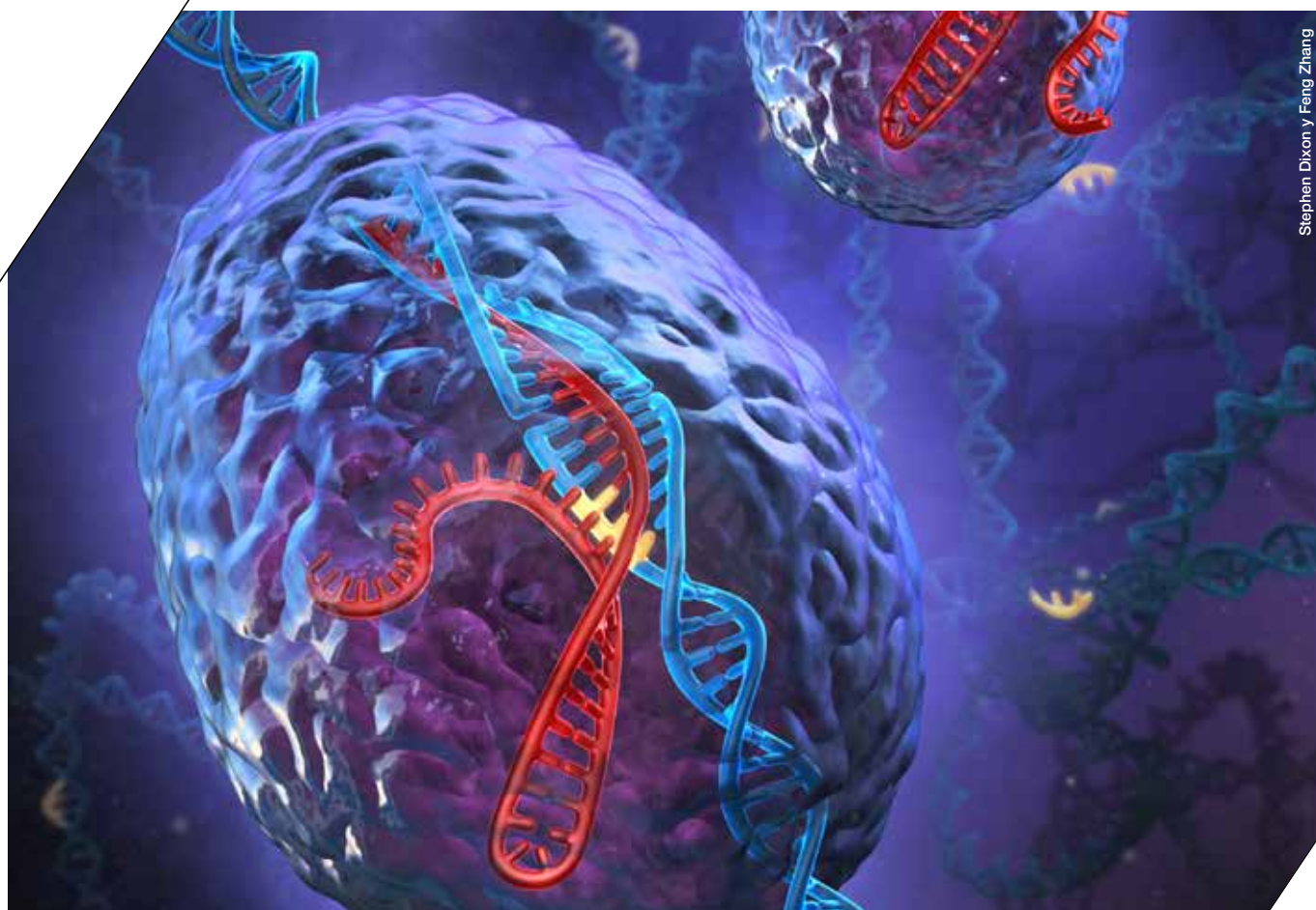
Quizás una de las principales implicancias de la edición de genes con esta técnica es la posibilidad de usarla en terapia génica para tratar ciertas enfermedades.

La terapia génica, que se viene estudiando hace más de 30 años, se refiere a la introducción de genes específicos dentro de las células de pacientes para tratar determinadas condiciones o patologías o la reparación de mutaciones. Sin embargo, esto se encuentra con dos obstáculos. El primero es metodológico, el segundo tiene que ver con su aplicación.

Con respecto al primero, Marraffini comenta que “CRISPR/Cas9 funciona muy

bien *in vitro* pero llevarlo a terapia génica es más complejo”. Y esto tiene que ver en gran parte con cómo hacer que la secuencia modificada llegue a su objetivo (el gen ‘blanco’) en un organismo ya desarrollado, es decir que llegue no solo al núcleo de la célula, sino que además sea introducido en el lugar del gen defectuoso. “El problema del *delivery* es el mismo problema desde que se empezó a pensar cómo hacer terapia génica”, cuenta Marraffini. En la actualidad se está trabajando con diferentes técnicas, pero aun falta un largo camino por recorrer.

El segundo obstáculo tiene que ver con su aplicación. Actualmente hay muchos debates acerca del alcance de esta técnica, su uso o no para el tratamiento de patologías e incluso un incipiente debate acerca de su propiedad: ¿son patentables los resultados de las modificaciones génicas? “Obviamente hay cuestiones éticas muy complejas y serias”, cuenta Marraffini, quien aclara que no es especialista en bioética, que



Stephen Dixon y Feng Zhang

no es su campo de estudio “y en realidad esas son viejas discusiones que ahora parecen más cercanas, porque lo que antes era ciencia ficción ahora parece más al alcance de la mano”.

Panorama

A nivel metodológico, tanto Marraffini como Rubinstein coinciden en que una de las limitaciones es cuánto se conoce del genoma, su regulación y funciones de los organismos con los que se va a trabajar. Y, la segunda, la posibilidad de tener *off-targets*, o blancos no deseados.

En primera instancia, “el conocimiento que se tiene (sobre el genoma humano) no creo que sea suficiente para hacer lo que uno quiera. Uno sabe cómo introducir una mutación para generar ciertos cambios, pero no estoy seguro de que uno pueda hacer mucho más que eso”, cuenta Marraffini, y agrega: “En potencia se podría hacer cualquier cosa, pero en la realidad los conocimientos para hacer muchas de las cosas que leímos en

la ciencia ficción todavía no están y no van a estar por mucho tiempo”.

La segunda limitación tiene que ver con la técnica. “Cada vez que uno trata de hacer una mutación en un sitio específico existe la posibilidad de que se mute a la vez algún otro gen” que tenga una secuencia similar, agrega Marraffini.

Para Rubinstein, “la única forma de evitarlo es tener completamente secuenciado el genoma de la especie para poder comprobar que la región a modificar sea única” y que no haya otras regiones con secuencias iguales.

El valor de la ciencia básica

El debate continúa, y CRISPR/Cas9 está en el centro. Mucho queda por hacer y las posibilidades que se abren son muy amplias. Sin embargo para Marraffini, quien hizo su carrera de grado en la Universidad Nacional de Rosario, es importante destacar el valor de la ciencia básica en este tipo de investigaciones.

“Cuando empecé a trabajar con CRISPR se sabía poco y solo había algunas predicciones bioinformáticas de que podía ser parte del sistema inmune que le permite a las bacterias luchar contra las infecciones virales. Nosotros corroboramos eso y además yo hice uno de los primeros experimentos que definió que CRISPR ataca a la secuencia misma de ADN. Otros grupos estudiaron otros aspectos, pero todos estos descubrimientos son pura ciencia básica y no tenían en mente ningún tipo de aplicación. Esto habla de la importancia de subvencionar la ciencia básica, porque tal vez CRISPR sea la tecnología más revolucionaria del siglo XXI y quizás se puedan hacer cosas que parecían de ciencia ficción. Y todo surge de gente que estaba interesada en saber cómo se defendían las bacterias de los bacteriófagos, algo muy básico. La moraleja es que la ciencia básica se necesita y se tiene que subvencionar para que se puedan lograr aplicaciones médicas que contribuyan directamente a la sociedad”, concluye. ▀



Epidemia de dengue

Desnudando al virus

Coquetea entre mosquitos y humanos. Con sus cuatro versiones se da el lujo de confundir al sistema inmune. Y hasta corre sangre por su engaño. ¿Podemos evitarlo? Saber cómo actúa el virus del dengue nos da más chances de dar en el blanco. Pero a veces ni eso alcanza.

Romina Carnevale - romicarnevale@gmail.com

Calor, humedad, mosquitos e incertidumbre. Se agudiza el oído, se está atento a la piel. Se revisa y se busca. ¿Habrás? Y los que están ¿serán? *Aedes aegypti*, digo. Ya es de noche. Tarde para ellos. Pero el vecino de al lado se contagió y el de enfrente también. Y se termina compartiendo. Noticias, opiniones y seguramente algún que otro *Aedes*... No duermo. Y no por los zumbidos. El que te despierta de madrugada no transmite el dengue. Pienso en el virus.

Un virus que pertenece a la familia *Flaviviridae*, famosa por tener además entre sus miembros a los responsables del zika y de la fiebre amarilla, y que se caracteriza por infectar a células del sistema inmune. Al virus del dengue, y sus 4 versiones o serotipos, DENV1 a DENV4, le va muy bien entrando y multiplicándose en lo que constituye la primera barrera de defensa del cuerpo, las células fagocíticas de la piel. Células anfitrionas si las hay. Son las que toman contacto con el virus recién salido de la saliva del mosquito, lo tragan y lo presentan formalmente a aquellos glóbulos blancos más eficaces para combatirlos.

Sí, leyó bien. Lo presentan. Así se lo llama al proceso en el cual se activan células específicas en las que recae la eliminación definitiva del patógeno.

Ahora bien. Al infectar a las células fagocíticas, el virus del dengue estaría afectando a uno de los principales actores de toda respuesta inmune. Los especialistas coinciden en responsabilizar al DENV de disminuir la maduración y activación de estas células, de alterar su tarea presentadora o, lo que es peor, de inducir su muerte. Como parte de sus mecanismos de evasión del sistema inmune el DENV logra, además, disminuir la producción de sustancias químicas esenciales en las defensas antivirales del cuerpo, como interferón y óxido nítrico, e incluso reducir la respuesta a ellas.

La buena noticia es que, a pesar de todos los intentos del DENV, el sistema inmune puede ganar la primera batalla. No todas las células fagocíticas mueren frente al virus. La activación de glóbulos blancos específicos y, en especial, la producción y acción de anticuerpos neutralizantes –moléculas que se unen a partículas virales permitiendo su eliminación– en general logran controlar

una primera infección. Y de esta batalla es posible, aunque no siempre, que nos enteremos. Durante esta respuesta, aumenta significativamente la producción del llamado *Factor de Necrosis Tumoral* o TNF junto a otras sustancias que incrementan la temperatura corporal y bien pueden hacerse cargo de los síntomas de la llamada fiebre del dengue.

Que no se repita

Temperatura más que agradable para estar sentados en el patio compartiendo un mate con amigos. Macetas y vasijas de barro con agua de la última lluvia acompañan la puesta de sol. Y allá por lo bajo, cerquita de los tobillos, andan los *Aedes*. ¿Estarán infectados? Y si lo están ¿con qué variante del dengue? Las hembras esperan el momento de tranquilidad preciso para posarse y picar... Siento el pinchazo y casi de inmediato viene el recuerdo de la primera infección.

A menos que nos toque el mismo serotipo en suerte, en una segunda infección con cualquiera de las otras tres variantes del DENV podría darse el fenómeno denominado *potenciación de la infección mediada por anticuerpos*, ADE por



CDC/ Prof. Frank Hadley Collins

su sigla en inglés. Proceso que revela un acto de infidelidad o, mejor dicho de reacciones cruzadas bastante común en el mundo inmunológico. “Se generan anticuerpos sub-neutralizantes. Es decir, aquellos anticuerpos que actuaron contra un serotipo en una primera infección, ahora reconocen a los demás, pero no los neutralizan”, explica Cybele García, investigadora del CONICET. “Y la interacción de la partículas virales con estos anticuerpos facilita la entrada de esos virus a las células, aumentando su replicación”, agrega.

A este fenómeno ADE se lo responsabiliza, además, de incrementar y agravar los mecanismos de evasión del virus y los síntomas observados durante la primera infección. Hay una desregulación clara de la respuesta inmune en donde disminuye la producción y respuesta a antivirales naturales como interferón y, por otro lado, aumentan desproporcionadamente los niveles de aquellas sustancias, como TNF, responsables no sólo de la fiebre, sino del incremento en la permeabilidad vascular. En otras palabras, el virus logra replicarse a sus anchas, mientras que la temperatura sube y la sangre empieza a escurrirse de los vasos

sanguíneos. Asoma, de esta forma, una versión más severa de la enfermedad: el dengue hemorrágico.

Los casos particulares de dengue hemorrágico en bebés recién nacidos de madres infectadas también pueden ser explicados por el fenómeno ADE. Los anticuerpos neutralizantes contra el serotipo con el que se infectó la madre pasan a través de la placenta a sus hijos, quedando expuestos así a un desarrollo grave de la enfermedad frente a una infección con un serotipo diferente a partir del mosquito.

A estos anticuerpos sub-neutralizantes se los puede culpar, además, de no contar con una vacuna ampliamente distribuida y con eficacia comprobada en todas las regiones afectadas. Para que la vacuna sea efectiva, debe proteger contra las cuatro versiones del virus. Es decir, hay que fabricar una vacuna tetravalente. La vacunación funciona como una primera infección, que si no es eficaz contra todos los serotipos, en lugar de protegernos nos expone a un riesgo mayor de dengue hemorrágico. “La única vacuna que llegó al mercado, y con una distribución acotada, es la de Sanofi

Pasteur. Y les llevó veinte años desarrollarla por el riesgo de reinfecciones y la cocirculación de los cuatro serotipos en las regiones”, relata García, quien también es docente del Departamento de Química Biológica Exactas-UBA.

Pero la cuestión no termina acá. Leer lo que sigue de corrido y sin parar da una idea de cómo la situación, sin asistencia, puede complicarse rápidamente y, a veces, sin retorno. El aumento de carga viral permite la infección de más células fagocíticas presentes en diversos órganos como ganglios linfáticos, bazo, pulmones e hígado favoreciendo una mayor cantidad de procesos inflamatorios. El exceso de TNF y otras sustancias inducen un aumento en el diámetro de los vasos sanguíneos, provocan daños, e incluso la muerte, de las células que forman estos conductos, finalizando con una fuga permanente de plasma. Hay disminución de plaquetas y glóbulos blancos. El aumento de anticuerpos contra el virus favorece la aparición de nuevas reacciones cruzadas. Esta vez atacando estructuras de nuestro propio cuerpo, como células del hígado, componentes de los vasos sanguíneos y proteínas de la sangre relacionadas con la



Corte de un virus de dengue que muestra sus componentes estructurales.

Grish Khara, Scientific Animations

coagulación. Se van sumando, así, diversos procesos inmunológicos que pueden concluir en hemorragias severas y generalizadas, hipotensión y falla circulatoria con un desenlace conocido como síndrome de shock por dengue.

Pero ¿de qué depende llegar a estos cuadros? “No sólo de las reinfecciones. También va a depender mucho de la situación inmunológica del paciente y la virulencia de la cepa circulante, pudiendo llegar, incluso, a síntomas de dengue hemorrágico en una primera infección”, explica García. Se cree, entonces, que está dado por varios factores. En este sentido se sabe, además, que existen diversas susceptibilidades a la infección con dengue y a las respuestas que implican mayores riesgos. Hay variaciones genéticas en la población que pueden favorecer más o menos la entrada del virus a las células fagocíticas, la entrada del complejo DENV-anticuerpos en las segundas infecciones e incluso diferencias en los niveles y efectos del TNF que favorece las grandes hemorragias.

“En 2009 en Argentina tuvimos un brote importante donde circularon varios serotipos y hubo casos de dengue hemorrágico. Este año, afortunadamente, no se reportaron casos de mortalidad, a pesar de que es muy probable que mucha gente en el norte del país lleve infecciones recurrentes, prácticamente continuas desde 2009 hasta ahora”, aclara la investigadora. “De todas formas, sigue siendo un problema grave porque la gente deja de ir a trabajar, está postrada en la

cama durante dos semanas, incluso muchas veces los síntomas persisten durante veintiún días”, explica la experta.

Es una enfermedad que crece. García y otros especialistas, como Elsa Damonte, investigadora del CONICET y profesora de Exactas-UBA, coinciden en que el dengue se expande por el mundo y junto con él, las formas más severas de la enfermedad. También acuerdan en que no hay, hasta el momento, un tratamiento antiviral efectivo y aprobado. Para dengue esto no es tan fácil.

Dar en el blanco no alcanza

El diseño de antivirales es como un juego de tiro al blanco. Cada paso que el virus da una vez dentro de nuestro cuerpo se convierte en un posible destino contra el cual el compuesto podrá actuar. El objetivo siempre es el mismo: evitar que el virus haga copias de sí mismo.

Entonces, cuánto más sepamos sobre DENV y su ciclo de replicación más chances tenemos de ganar la batalla. Sabemos que cuenta con una envoltura, de estructura similar a las membranas celulares, y que en esa envoltura tiene la proteína que hace de llave de entrada a nuestras células fagocíticas. Se llama proteína E. Debajo de esa envoltura, casi como otra capa de cebolla, tiene la cápside. Hecha toda de proteínas C, la cápside recubre, protege y atesora al que dirige todo: el genoma viral. Que no es ADN como el de las células del cuerpo humano, sino un ARN

que está listo para impartir instrucciones una vez suelto dentro de la célula. A partir de este ARN se fabricarán todas las proteínas virales. Prácticamente eso es todo lo que necesita una partícula de DENV o virión para infectarnos y someterlos.

Pero ¿cómo lo logra? Primero lo primero: entrar a las células. La proteína E se une a determinadas proteínas que están en la membrana celular y le dan el pase hacia el interior. La envoltura del virus se une a la membrana, entrando a la célula por un mecanismo llamado *endocitosis facilitada por un receptor*. Una vez adentro de una célula la cápside se desarma y el virus logra así un paso importante: el desnudamiento de su genoma. Una vez libre, es él el que manda. La maquinaria de fabricación de proteínas y material genético de la célula queda a merced del virus. Transforma membranas internas y prepara espacios lipídicos para la replicación de su genoma. Usa las enzimas, la energía y la materia prima celular para hacer copias de su ARN y fabricar las proteínas que forman su estructura y otras que necesita para replicarse. ¿Qué queda entonces? Al igual que en una línea de producción industrial, viene el ensamblado final. Las proteínas C rodean a las moléculas de ARN y estas partículas entran en un sistema de transporte de la célula para recibir su envoltura con la proteína E incluida. Exitosos, los viriones brotan de las membranas listos para infectar nuevas células. Así comienza la invasión.

Diversos investigadores en nuestro país estudian estos mecanismos de replicación del virus. Entre ellos Andrea Gamarnik, directora del laboratorio de Virología de la Fundación Instituto Leloir y ganadora del Premio Internacional L'Oréal-Unesco –Por las Mujeres en la Ciencia–, quien además, estudia la interacción de DENV con células de mosquito y humanas, analizando las estrategias del virus para sobrevivir al cambio de hospedador.

Para ganar la partida, podríamos pensar en apuntarle a la estructura del virus o

Mapa de Riesgo Ambiental de Dengue

bien a proteínas de nuestras células que son utilizadas por el DENV. “Dentro de los blancos virales, la mayoría de los estudios están dirigidos a la proteína E para bloquear la entrada del virus a la célula o bien, contra una proteína esencial que el virus utiliza para replicar su genoma”, explica García. Como blancos celulares, los investigadores probaron compuestos que afectan a las enzimas que usa el virus para fabricar sus propias proteínas. “El que llegó a etapas más avanzadas es el “celgosivir”, que fue probado en ensayos clínicos, pero no funcionó. Se están reviendo las dosis y las formas de administración para lograr mayor efectividad”, aclara la investigadora.

Muchos otros compuestos se probaron como agentes antivirales contra dengue. En el Laboratorio de Virología del Departamento de Química Biológica de Exactas-UBA, Damonte estudia, entre otras líneas de investigación, el efecto de “acridonas” como agentes antivirales que bloquean la replicación del genoma del virus. Otra alternativa novedosa es la utilizada por García, junto a Damonte, en el laboratorio especializado en estrategias antivirales. Consiste en analizar la acción de proteínas que actúan como defensas celulares contra el virus. “Lo que hacemos es aumentar estas proteínas para evaluar la importancia de la misma como antiviral celular”, explica.

Tal parece, entonces, que algo de la replicación de DENV sabemos, y que, en principio, nos permite probar algunos tiros al blanco. Al menos en células dentro de los laboratorios de investigación básica. Otro jugador crucial en esta partida lo constituye la industria. ¿Quién podría sino costear las pruebas clínicas en pacientes? “Lo interesante en el caso de dengue es que las compañías se acercaron mucho a la academia, para evaluar los posibles blancos que surgieron del estudio de la ciencia básica, para escaarlos, estudiarlos, y hacer los ensayos clínicos”, revela García.

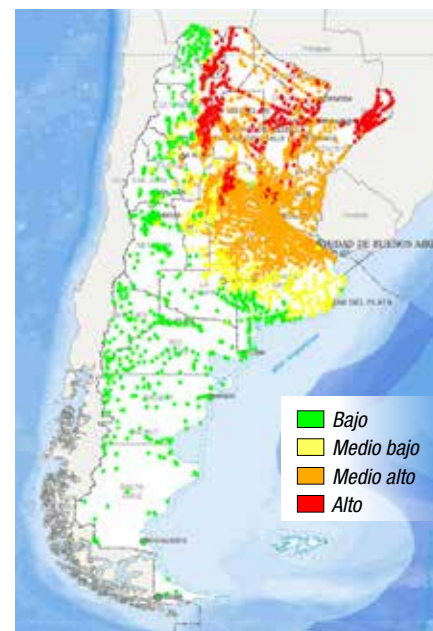
Los principales participantes parecen estar presentes. Entonces ¿dónde radica

la falta de tratamiento hasta la fecha? A este esquema le falta un jugador. García esclarece la duda: “No hay un modelo animal en el que se pueda hacer los ensayos de evaluación de los antivirales. Si bien hay modelos de ratones reportados, son modelos que no representan exactamente la enfermedad, por tratarse de animales modificados genéticamente que tienen alterada la vía de respuesta a interferón para lograr que desarrolle la enfermedad. Entonces, uno hace todos los ensayos *in vitro* en el laboratorio, hace los estudios bioinformáticos de predicciones, pero entre el laboratorio y el paciente hay un salto enorme”.

Investigar para ganar

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en los años 2010, 2013 y 2015, se notificaron casi 2,4 millones de casos de dengue por año. En lo que va del 2016, sólo en Latinoamérica hubo alrededor de 250.000 casos en este período corto de verano. En el último Boletín Integrado de Vigilancia publicado por la cartera sanitaria del Ministerio de Salud de la Nación, en las primeras catorce semanas epidemiológicas del 2016, del 03/01 al 09/04, se notificaron 24.879 casos de dengue confirmados o probables autóctonos distribuidos en quince jurisdicciones de la República Argentina. La Ciudad de Buenos Aires con 1579 casos y Provincia de Buenos Aires con 2693 casos, junto a otras provincias, son regiones de transmisión sostenida de dengue.

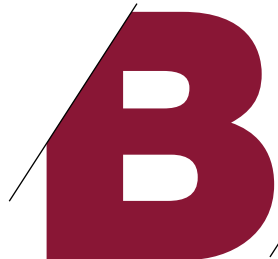
El otro lado de la balanza no llega a compensar. Por el momento, no hay tratamientos antivirales que hayan pasado exitosamente los ensayos clínicos. La vacuna aprobada es muy reciente y de distribución acotada. Como explica García, salió al mercado en el año 2015 y, si bien es protectora contra los cuatro serotipos, todavía hay que esperar para evaluar si su efectividad es pareja para todas las variantes, y para las diversas regiones donde se presenta la enfermedad. Por otro lado, es importante aclarar que



La Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), actualmente bajo la órbita del MINCyT, presentó el Mapa de Riesgo Ambiental de Dengue 2016 para todo el territorio argentino.

México y Brasil, son los únicos países de Latinoamérica donde está abierta su comercialización, y también en Filipinas.

El dengue no es exclusivo de regiones de bajos recursos y cada vez son más los países con casos reportados de la enfermedad. Esta expansión y crecimiento atrajo el interés de las compañías farmacéuticas y con ellas mayores inversiones. De todas formas, el dengue sigue perteneciendo a la lista de las llamadas por la OMS “enfermedades desatendidas”. Más del 70% de los países y territorios afectados por estas enfermedades tienen economías de ingresos bajos o medios-bajos. Para la OMS, la prevención y el control de estas enfermedades relacionadas con la pobreza requiere un abordaje integrado, con acciones multisectoriales, iniciativas combinadas e intervenciones costo efectivas para reducir el impacto negativo sobre la salud y el bienestar social y económico de los pueblos. En otras palabras, para ganar la partida sigue haciendo falta decisiones políticas integrales e inversión en salud, educación e investigación. //



B L O G S

El gato y la caja

Un título mentiroso

En esta sección reproducimos artículos que nos interesan de blogs y portales por los que paseamos y de los que nos nutrimos. Hoy, visitamos *El gato y la caja* (www.elgatoylacaja.com.ar) y reproducimos un artículo de Rodrigo Laje, del 19 de abril de 2016.

Rodrigo Laje

Todo el mundo, absolutamente todo el mundo puede clasificarse en dos grupos. Ahora volvé a leer lo anterior y mirá la repetición de la palabra 'el' que te perdiste la primera vez.

¿Bronca por haber caído en un truco barato? Espero que sí. Pasa que me estoy aprovechando de una característica de tu preciado cerebro: descartar la información redundante. Un truco barato, lo acepto, pero que me permitió poner a tu cerebro en un *loop* recursivo disfrazado de párrafo inocuo. Y estoy bastante orgulloso de ese párrafo. Miralo de nuevo y fijate que, si le hicieras caso estricto a las instrucciones, no habría forma de romper el círculo.

Pero si llegaste hasta acá es porque decidiste romper ese círculo, esa recursividad. Y es que la recursividad no es mala en sí misma. De hecho, pudiste quebrantarla simplemente siguiendo de largo. La frase recursiva quedará

ahí hasta que otro desprevenido cerebro pise el palito, y así pasará su entretendida existencia atrapando incautos, provocando reconexiones sinápticas a diestra y siniestra mientras intentan entenderla, disminuyendo la entropía de su circunstancial víctima y por lo tanto poniendo su granito de arena para la eventual muerte térmica del mismo Universo que osó dar la chance de su existencia. Lo que viene a ser una ironía cósmica envuelta en una paradoja existencial con riesgo cierto de anti-autopoiesis. O algo así. Yo, por las dudas, no la volví a leer.

La tenemos tan clara con la recursividad, un mecanismo que nos permite hacer mamushkas, que son unas muñecas originarias de Rusia, que es un extenso país de Asia, que es el continente formado a partir del supercontinente Laurasia, que tiene un nombre bastante cómico, después de que se separó de Gondwana, con once husos horarios, y duermen unas dentro de otras, de oraciones hasta cualquier nivel, que podemos hacer que nuestras laptops

domestiquen oraciones como ésta a pesar de que exceda la capacidad de nuestra *memoria de trabajo*.

Ahora, cuando la recursividad se basa en una autorreferencia las cosas se pueden complicar. Entendamos primero qué pinta tiene una autorreferencia: sería que me escucharan decir 'Yo soy Rodrigo', o la infinitamente más interesante 'Esta oración tiene treinta y cinco letras'. Ambas frases son autorreferenciales y verdaderas. Y les advierto que también hay frases autorreferenciales que son falsas, como por ejemplo la infinitamente menos interesante 'Esta oración tiene treinta y cuatro letras'. Hay hasta dibujos que son autorreferenciales, como *Las manos* de Escher, o el antiquísimo, ubicuo y (también históricamente) recurrente ouroboros, *La serpiente que se muerde la cola*.

Lo complicado con la autorreferencia aparece cuando hay algo que no es ni verdadero ni falso. Upa. Si la cámara me acompaña, vayamos directo al ejemplo canónico: 'Esta frase es



falsa'. Una frase autorreferencial de la más pura estirpe, pero no te dejes engañar por su bajo perfil porque te la emboca de una. A ver: si fuera cierto lo que dice, es decir, si fuera verdadera, entonces de acuerdo a lo que dice debería ser falsa. Pero si fuera falsa, entonces terminaría siendo verdadera. Y acá no hay forma de romper el círculo, es... algo intrínseco. ¿Viste cómo te embocó de una la guacha? Yo me golpeé escribiendo la nota y pienso llevarme conmigo a todo aquel que la lea. Tomate un respiro, bajá el orgullo ese que te echó en cara tantas veces tu tía, la que dice que 'tu' ciencia no puede explicar los milagros, y leelo de nuevo como hicimos todos en su momento. El tema es que el bache suena a flash y es un flash, pero medio que es inocente. No debería tener repercusiones terribles, salvo que, no sé, genere un problema en el centro mismo de la matemática y todos tengamos que correr en círculo gritando.

Resulta que unos mostros cuyo expone final fue un tal Gödel pudieron

crear un objeto matemático que es autorreferencial. Se refiere a sí mismo, pero en matemática. Y, sí, es difícil de imaginar, pero no es más que la descripción formal del mismo tipo de problema. El análisis del bicho lógico ese los llevó a la siguiente conclusión, es decir, al siguiente teorema: la matemática tiene un agujero.

Houston, tenemos un teorema, que genera un problema en el corazón de la matemática.

'Naaaa. Naaaaaaa, ¿cómo puede ser?', se preguntará cualquiera que siempre haya asumido esa idea de la matemática como algo impoluto, ideal, impertérito, infinito, inmaculado, una creación del pensamiento puro. Algo tipo estampita. Tipo bata de Sandro. Después de todo, es un conjunto de axiomas y unas reglas lógicas a partir de los cuales se erige uno de los más altísimos rascacielos conceptuales, ¿cómo podría fallar? Bueno, sí, pero no. Algo salió mal. Quiero decir, no lo buscamos. Pero resultó. Tenía que resultar así. Indefectiblemente.

Uno imagina la matemática como una construcción mental que es, al menos, *consistente*. Es decir, que no tiene contradicciones internas. Partiendo de premisas verdaderas y aplicando correctamente las reglas de la lógica proposicional, uno *no debería* ser capaz de concluir que A es B y un rato después que A no es B. Y uno también imagina que la matemática es *completa*: cada enunciado es demostrable verdadero o falso. Así como no hay 'un poquito embarazada', no hay 'un poquito verdadero'; no hay grises ni ambigüedades como cuando una persona es tan interesante que no sabés si te gusta o si te duele. En matemática, o te gusta o te duele. O es verdadero o es falso, y siempre puede ser demostrado (probado) por un teorema. Mmm, bueno, no. Sí. Más o menos. Lo de que todas y cada una de las cosas son verdaderas o falsas, ok. No hay grises. Pero a veces no lo podemos demostrar. No es que no sepamos la demostración correcta, sino que no hay demostración posible (digo que no hay demostración posible *dentro del sistema*).



Ouroboros, La serpiente que se muerde la cola. Dibujo de Theodoros Pelekanos.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTES

Gracias a Enzo Tagliazucchi y Sergio Felperín por sus amorosos y contundentes comentarios a versiones más crudas de esta nota. Más por lo contundentes.

Kurt Gödel (1931), "Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme, I." Monatshefte für Mathematik und Physik 38: 173-198. DOI 10.1007/BF01700692

Sigman M., "Bridging Psychology and Mathematics: Can the Brain Understand the Brain?" PLoS Biol 2004.

Hofstadter, D. R. "Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid".

El legado de estos mostros fue que tenemos que tomar una decisión. Si una proposición matemática dice de sí misma que no es demostrable, y de algún modo logro demostrarla, entonces resulta una contradicción (o sea, no hay consistencia); si no logro demostrarla, entonces tengo que aceptar que hay cosas que son verdaderas pero que no es posible demostrarlas (o sea, no hay completitud). Por lo tanto, la matemática (estrictamente hablando el teorema se refiere a sistemas como la aritmética, un área fundamental de la matemática) es consistente o es completa, y las dos opciones son mutuamente excluyentes. Tenemos que elegir una. PUMBA. Obviamente elegimos que la matemática sea consistente, nadie quiere andar por ahí en un avión que vuela o que no vuela dependiendo de cómo hayamos hecho el razonamiento. Por lo tanto, y como ineludible regalo del universo a estas mentes que osan estudiarlo, tenemos expresiones que no podemos decir si son verdaderas o

falsas. Como la ya considerada 'Esta frase es falsa', o la juguetona 'Soy mentiroso', o inclusive el título de esta misma nota.

Con esto hice que tu cerebro entrara en un *loop* recursivo más grande todavía, hasta el comienzo de la nota para releer el título. Pero no sólo eso, porque el título mismo es autorreferencial y... sí, ya te diste cuenta. No es verdadero ni falso. Tampoco tiene remedio, no hay forma de romper el círculo como antes. Y acá viene la parte que más derrite bochos: el cerebro es autorreferencial. EL CEREBRO ES AUTORREFERENCIAL: puede inclusive estudiarse a sí mismo. O sea... O sea que el Universo es delicioso. Falta resolver un par de detalles, como por ejemplo determinar si el cerebro funciona como una computadora o si es fundamentalmente diferente. Pero, si es parecido a una computadora, la cuestión queda planteada: si queremos un cerebro con un sistema operativo consistente, entonces quizás

nunca logre entenderse totalmente a sí mismo.

Imaginemos qué pasaría si el cerebro lograra entenderse a sí mismo. Ojo que lo viene intentando hace rato y ya ha dado sus grandes pasos, no te creas. Si eso ocurriera, es absolutamente obvio que el Universo colapsaría sobre sí mismo en un gran agujero negro infinitamente masivo pero puntual y todos (y todo) retrocederíamos hasta la casilla inicial sin chistar. Y nadie quiere eso, ¿no?, que ya bastante nos costó llegar hasta acá.

La conclusión poco sólida pero tribu-nera es que no conviene usar el cerebro para estudiar el cerebro por riesgo de agujero negro, pero lo vamos a seguir haciendo igual porque nos gusta. Y ahora sí, para terminar, la frutilla que adorna el asado, el moño de la torta, el chocolate del dulce de leche, la frase que todos estaban esperando: toda esta nota (entera, enterita) es falsa. ▀

Software nacional

Esteban Feuerstein - efeuerst@gmail.com
Santiago Ceria - sceria@gmail.com

En los primeros años del gobierno del Presidente Néstor Kirchner se promulgó la Ley de Promoción de la Industria del Software. Y hubo otras iniciativas para impulsar el crecimiento del sector de *software* y servicios informáticos (SSI) surgidas de la intensa colaboración entre el sector privado, el académico y ONGs. Entre ellas, la creación de “una fundación de naturaleza público-privada para la gestión del plan estratégico”.

A lo largo de los siguientes años hubo una gran actividad, y se concretaron objetivos como la reglamentación de la mencionada Ley, y otros vinculados con la mejora de la enseñanza de la Informática y los planes de capacitación impulsados por el Ministerio de Trabajo y las cámaras empresarias. Al mismo tiempo, se fueron refinando, revisando y ajustando los lineamientos de la que finalmente terminaría siendo la “Fundación Dr. Manuel Sadosky de Investigación y Desarrollo en las Tecnologías de la Información y la Comunicación”, creada por Decreto del PEN en 2009. El nombre fue elegido para homenajear a Manuel Sadosky, ex-vice-decano de Exactas-UBA y ex-secretario de Ciencia y Técnica de la Nación, considerado como el “padre de la informática” en Argentina.

Como una muestra de la intención de combinar el esfuerzo público y privado se propuso que la Fundación fuera presidida por el titular del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva creado durante la presidencia de la doctora Cristina Fernández. Y sus vicepresidentes,

fueran los presidentes de las cámaras del sector TIC: CESSI (Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos) y CICOMRA (Cámara de Informática y Comunicaciones de la República Argentina). En abril de 2011 comenzó a funcionar, con una pequeña estructura administrativa y una organización basada en programas y proyectos, orientada a implementar su misión: la de trabajar “en la articulación entre el sistema científico-tecnológico y la estructura productiva en el ámbito de la informática y las telecomunicaciones, generando con ello un impacto positivo en la sociedad y en las posibilidades de desarrollo del país”. Esta articulación contribuiría “tanto a generar más y mejor ciencia, como a fortalecer y potenciar la estructura productiva”.

Su primer Director Ejecutivo (Santiago Ceria) la dirigió hasta fines de 2015 asesorado por un Comité de Especialistas, tanto del medio académico como del sector productivo. Durante el primer año de funcionamiento, se iniciaron una serie de programas concretos, como el “Quién es quién”, orientado a proveer información fácilmente accesible sobre el sistema científico tecnológico y la estructura productiva TIC del país (que en 2012 implementaría la herramienta MITIC); “Vocaciones en TIC”, que con los años generaría el programa “Dale Aceptar”, el sitio “Estudiar Computación” y luego la iniciativa Program.ar. En febrero de 2012 se creó el programa “Seguridad en TIC”, el primer grupo de investigación y desarrollo interno de la Fundación, y se creó formalmente un área de Vinculación Tecnológica, que tomaría bajo su responsabilidad todo lo relacionado con identificar e impulsar proyectos colaborativos entre la academia y la industria.

En 2014 se creó el programa de Ciencia de Datos, orientado a contribuir a que Argentina se convierta en líder regional en *Big Data* y que en pocos años desarrolló numerosas actividades en esa dirección, como construir una Plataforma de Grandes Datos para el Agro, colaborar en la adjudicación de becas de postgrado en Ciencia de Datos, así como actividades de evangelización y capacitación sobre el tema.

Entre otros proyectos “faro” que pretenden iluminar y guiar al sector a través de desarrollos innovadores, construyó el software GENis (una Base de Datos Genéticos Forenses), que ha sido desarrollado íntegramente en Argentina a partir de un esfuerzo conjunto entre la Fundación Sadosky, la Sociedad Argentina de Genética Forense, el Consejo de Procuradores, Fiscales, Defensores y Asesores Generales de la República Argentina y el Consejo Federal de Política Criminal.

Con nuevo Director Ejecutivo desde este año (Esteban Feuerstein), la Fundación quiere continuar siendo referente de las cámaras y grupos académicos en lo relacionado con articulación academia-industria, y continuar identificando y facilitando proyectos colaborativos entre ambos sectores, al mismo tiempo que busca mejorar algunos aspectos como la participación privada en su financiamiento, y su llegada con más fuerza al interior del país. ▀

Santiago Ceria es licenciado en Sistemas por la UBA y Profesor de Exactas-UBA. Actualmente es director de Medallia argentina, y fue director de la Fundación Sadosky hasta diciembre de 2015.
Esteban Feuerstein es doctor en informática por la universidad de Roma. Es profesor e investigador en Exactas UBA y actualmente es director de la Fundación Sadosky.

ÁREA DE POPULARIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO Y ARTICULACIÓN CON LA ENSEÑANZA MEDIA SECCB / FCEN

www.exactas.uba.ar/popularización

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 ÁREA DE POPULARIZACIÓN:

- Transmite a todo tipo de público el conocimiento científico, haciéndolo de manera clara, amena y divertida sin perder rigurosidad.
- Vincula a los alumnos de la escuela media con estudiantes, docentes y científicos de la Facultad a través de actividades de divulgación científica, orientación vocacional y difusión institucional.



EQUIPO DE POPULARIZACIÓN 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:

- Semanas de las Ciencias.
- Exactas va a la Escuela.
- La Escuela viene a Exactas.
- Exposiciones y eventos públicos de popularización.

(<http://exactas.uba.ar/epc/>)
(facebook.com/PopularizacionExactasUBA)



DIRECCIÓN DE ORIENTACIÓN VOCACIONAL (DOV-EXACTAS)

La DOV-Exactas brinda información y asesoramiento para la elección de una carrera universitaria. Se organizan programas y actividades para acercar a los alumnos a las carreras científicas.

- Experiencias Didácticas.
- Talleres de Ciencia.
- Científicos por un Día.
- Charlas mensuales de las carreras.
- Consultas de orientación vocacional.
- Programa de Ingresantes CBC Exactas.

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

MÁS INFORMACIÓN, CONSULTAS E INSCRIPCIONES

Secretaría de Extensión, Cultura Científica y Bienestar Ciudad Universitaria,
Pabellón II, Tel 4576-3399/3337 int 37 (EPC-Exactas) y 43 (DOV-Exactas)
popularizacion@de.fcen.uba.ar / dov@de.fcen.uba.ar / www.exactas.uba.ar/media





PAENZAMIENTOS



Adrián Paenza

Números interesantes

Voy a probar ahora que todos los números naturales son números “interesantes”. Recuerdo que los números llamados “naturales” son los que usamos todos los días para contar: 1, 2, 3, 4, 5... Ahora bien, la primera pregunta que surge es: ¿qué quiere decir que un número sea interesante?

Bueno, vamos a decir que un número lo es cuando tiene algún atractivo, algo que lo distinga, algo que merezca destacarlo de los otros, que tenga algún borde o alguna particularidad. Creo que todos entendemos ahora lo que quiero decir con “interesante”.

Esta es la demostración:

El número 1 es interesante porque es el primero de todos. Lo distingue entonces el hecho de ser el más chico de todos los números. El número 2 es interesante por varias razones: es el primer número par, es el primer número primo. En fin, creo que con estos dos argumentos ya podemos distinguirlo.

El número 3 también es interesante, porque es el primer número impar que es primo (por elegir una razón de las muchas que habría).

El número 4 es interesante porque es una potencia de 2. El número 5 es interesante porque es un número primo. Y de aquí en adelante deberíamos ponernos de acuerdo en que cuando un número es primo, ya tiene una característica

fuerte que lo distingue y lo podríamos considerar interesante sin buscar otros argumentos.

Sigamos un poco más.

El número 6 es interesante porque es el primer número compuesto (o sea, no es un número primo) que no sea una potencia de 2. Recuerde que el primer número compuesto que apareció es el 4, pero es una potencia de 2. El número 7 es interesante y no hace falta argumentar más porque es primo.

Y así podríamos seguir.

Lo que quiero probar con ustedes es que:

Dado un número natural (o sea, un entero positivo cualquiera) siempre... siempre... hay algo que lo transforma en “interesante” o “atractivo” o “distinguible”.

Lo que voy a hacer es suponer que no, que lo que afirmo no es cierto, y mostrar que eso nos lleva a una contradicción. Veamos:

Supongamos que no fuera cierto (que todos los números son interesantes). Entonces eso quiere decir que hay números que llamaremos “no interesantes”.

Esos números los ponemos en una bolsa. Sabemos que esta bolsa no está vacía, porque estamos suponiendo que hay números que no son interesantes. Es decir, tenemos una bolsa llena de

números no interesantes. Vamos a ver que esto nos lleva a una contradicción.

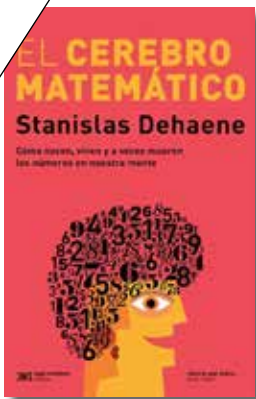
Ahora bien: esa bolsa, como todos los números que contienen son números naturales, o sea, enteros positivos, tiene que tener un primer elemento. Es decir, un número que sea el menor de todos los que están en la bolsa. ¿Se entiende por qué? Piense que si a usted le dan una bolsa llena de números, no importa si son infinitos, tiene que haber alguno que sea el menor de todos.

Pero, entonces, ¡ésa es la razón que transforma en “interesante” al supuesto primer número no interesante! El hecho que lo distingue es que sería el primero de todos los números no interesantes. Y ésa es una razón más que suficiente para declararlo interesante. ¿No le parece?

Es decir: suponer que hay números no interesantes nos permitió conseguir una bolsa con todos ellos. Elegimos el menor, y ese número deja de ser “no interesante” para convertirse en “interesante”. Luego, de los que quedan, siempre habrá uno que sea el menor, luego, es interesante, y así.

El error, entonces, provino de haber pensado que hay números no interesantes. Eso es lo que está mal.

Moraleja: “Todo número natural es interesante”. ▀



El cerebro matemático

Cómo nacen, viven y a veces mueren los números en nuestra mente

Stanislas Dehaene

Buenos Aires, Siglo veintiuno: 2016

424 páginas

ISBN: 978-987-62962-1-2

¿Sabían sumar y restar los bebés antes siquiera de aprender a hablar? La respuesta es un contundente sí. Nacemos con un módulo cerebral de matemática activo y dispuesto a hacer cálculos rudimentarios para nosotros. Y no somos los únicos, la familia zoológica con la que compartimos esta habilidad insospechada es asombrosa.

Sospechar su existencia, descubrirlo, estudiarlo y comprenderlo resulta una empresa apasionante y Dehaene, uno de los principales protagonistas de esta investigación nos lo cuenta de un modo claro, sencillo, ameno y no menos riguroso.

Cómo esa calculadora innata se convierte en la computadora sofisticada con la que contamos todos, o en la súpercomputadora con la que cuentan los matemáticos es otra arista interesante de esta historia sorprendente. ¿Cuáles son las diferencias entre la calculadora cerebral y la calculadora de silicio? ¿Qué puede hacer la educación para adecuarse a nuestra naturaleza y ser más eficiente en la enseñanza de la matemática? Todas estas preguntas y muchas más se responden en este libro que, más allá de la matemática, resulta sumamente aleccionador acerca de cómo estamos estudiando y comprendiendo nuestra mente.



Siete breves lecciones de Física

Carlo Rovelli

Barcelona, Anagrama: 2016

104 páginas

ISBN 978-84-339-6400-7

Carlo Rovelli es un renacentista del siglo XXI y también un físico teórico italiano. Con colegas como Lee Smolin, George Ellis o el argentino Gustavo Esteban Romero reivindican la vuelta a la formación filosófica de los físicos profesionales. Volver a tener la mirada de Einstein, Bohr o Heisenberg es su prédica. En este libro de divulgación, Rovelli deja clara esta intención de manera magistral en solo cien páginas. Con una visión erudita y horizontal de la física, Rovelli sintetiza en siete capítulos la esencia del estado actual de esta especialidad como la mejor explicación de los aspectos más íntimos de la Naturaleza. Las teorías de la relatividad general, de la mecánica cuántica, de la cosmología, de las partículas elementales, de la gravedad cuántica, de la mecánica estadística y el significado spinociano de los seres humanos en la Naturaleza parecerían tópicos imposibles siquiera de bosquejar en tan poco espacio. Sin embargo, Rovelli lo logra de manera brillante. Quizás, el capítulo de la gravedad cuántica, donde solo se remite a describir su propia –para algunos discutible– obra y prescinde de otras aproximaciones a este punto crucial, sea la lección menos abarcativa. El resto de las lecciones son imperdibles.



La vida secreta de la mente

Nuestro cerebro cuando decidimos, sentimos y pensamos

Mariano Sigman

Buenos Aires: Debate, 2015

288 páginas

ISBN: 978-98-737-5231-5

Con una dosis importante de sentido común y una cuota de desprejuicio nada despreciable, Mariano Sigman plantea un sinnúmero de preguntas sobre nuestra mente y el resultado es estremecedor. Las respuestas derriban mitos y nos ayudan a repensar quiénes somos y cómo somos. Las cuestiones que aborda (¿qué piensan y sienten los niños recién nacidos?, ¿es posible leer la mente de otro?, ¿qué nos enseña la biología acerca de cómo enseñar?, ¿a dónde nos transportan las drogas psicodélicas?, ¿qué son los sueños y quién los gobierna?, ¿por qué hay cosas que cuesta mucho más aprender de adulto que de niño?, ¿cómo crea el cerebro la mente? y muchas otras) son acompañados siempre de evidencias surgidas de experimentos controlados, muchos de ellos tan simples como ingeniosos, y en buena proporción realizados por el autor y colaboradores. Las respuestas o hipótesis que surgen de cada pregunta abren nuevos caminos para repensar el vasto universo de la mente.

La prosa intimista, llana y sensible logra una lectura sumamente cómoda y placentera. Sigman no oculta su chispa porteña y no se guarda los comentarios ni los modismos ni las palabras de una persona de la calle, lo que lo deja muy cerca de cualquier lector.

¿Cómo se produce el olor a tierra mojada?

La responsable del olor a tierra mojada es una sustancia química, denominada *geosmina* —en griego: “aroma de la tierra”— que es producida por la bacteria *Streptomyces coelicolor* y por algunas cianobacterias que viven en el suelo. Este olor se hace perceptible, en particular, cuando llueve.

Este compuesto es importante para los animales que habitan en el desierto, pues, al percibir el olor, se aseguran de que podrán encontrar agua en las cercanías. Por ejemplo, los camellos del desierto de Gobi (al norte de China y sur de Mongolia, en Asia) son capaces de encontrar agua a más de 80 kilómetros de distancia. Se piensa que el aroma de la geosmina puede ser un mecanismo para que los animales, al tomar agua, dispersen las esporas de esos microorganismos.

Pero no sólo los camellos son atraídos por el olor de la geosmina, sino que también lo son algunas lombrices e insectos. Asimismo, se halló geosmina en flores de cactus y algunas otras plantas del Amazonas, cuyos olores atraen a los insectos que buscan agua y de esta manera son polinizadas por ellos.

En 2002 se secuenció el genoma completo de *S. coelicolor*, lo que permitió determinar el gen productor del aroma característico. Al mutar el gen, los investigadores inhibían

la producción de este olor típico. Luego comprobaron que la bacteria había dejado de producir geosmina.

Las especies del género *Streptomyces* son beneficiosas para los humanos, pues constituyen una de las principales fuentes de antibióticos, como la tetraciclina, la eritromicina y muchos otros. Se trata de metabolitos secundarios, que no son requeridos para la supervivencia del organismo.

Si bien la geosmina no es un antibiótico ni se le ha encontrado hasta ahora ningún uso medicinal, los investigadores estudian sus bases moleculares y la forma en que es sintetizada. La industria del vino podría ser beneficiada con esos estudios, pues la geosmina también es responsable de algunos aromas terrosos en esta bebida. Estos aromas se generan cuando las uvas fueron atacadas por unos hongos filamentosos que son productores de la olorosa sustancia.



Andrea Minoia/Flickr

¿Cómo sube el agua hasta la copa del árbol, desafiando a la gravedad?

Responde el doctor Guillermo Goldstein, director del Laboratorio de Ecología Funcional de Exactas-UBA.

Un árbol puede llegar a medir entre 30 y 50 metros de alto, y hay algunos que logran alcanzar los 120 metros. Sabemos que el agua que absorben sus raíces tiene que llegar hasta las hojas, donde se produce la evaporación y la transpiración. Pero ¿cómo sube? ¿Cómo hace para desafiar a la gravedad? ¿El árbol tiene una bomba?

Una bomba no podría tener la eficiencia requerida para ascender a esas alturas. Es que el agua no es impulsada desde abajo, sino succionada desde arriba. La evaporación que se produce en las hojas genera una presión negativa —inferior a la presión atmosférica— que estimula el movimiento del agua a través de unos conductos irregulares y tortuosos que constituyen el tejido denominado *xilema*.

La función más importante de ese mecanismo de transporte es llevar agua hasta las hojas para reemplazar la que se pierde en la evapotranspiración, y llevar nutrientes.

El recorrido que realiza una molécula de agua es muy lento, puede tardar de dos a cuatro días en llegar hasta la copa. El transporte se detiene durante la noche, período en que no hay evaporación. Por otra parte, el agua, en su recorrido, puede detenerse y acumularse en reservorios dentro del

tallo. Es como un sistema de cascada, el agua va circulando, se acumula y luego es reemplazada por el agua que sube.

La columna de agua se comporta como si fuera una banda elástica que es tensionada desde arriba por la transpiración de las hojas. Esa tensión puede romper la columna y, en este caso, se forman burbujas —embolismos—, que pueden obstaculizar el transporte si no son reparados por el mismo árbol.

El ascenso del líquido, que contiene sales y nutrientes disueltos, se produce a través del xilema, que es la madera del árbol. Por su parte, los azúcares fabricados en el proceso de fotosíntesis descienden a través de un tejido más externo (floema).

Un árbol grande, como las tipas o los plátanos que adornan muchas avenidas y calles de Buenos Aires, transporta y evapora unos 200 a 300 litros de agua diarios.



Max and Dee Berni/Flickr

Representaciones y alegorías del saber y la ciencia

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

Los artistas, como miembros de la sociedad en la que están insertos y a la que, a su modo, reflejan, plasman en sus obras la idea que esa sociedad tiene de la ciencia y también, su concepción acerca de las fuentes del conocimiento: desde representaciones de divinidades que poseen el conocimiento y lo transmiten (o no) a los seres humanos, hasta las de personas que, con su trabajo de investigación y reflexión, van generando los saberes, pasando por las alegorías, figuras imaginarias que, sin vocación de divinidades, representan conceptos tan abstractos como el conocimiento, el saber y la ciencia. Aquí van algunos ejemplos.

Representaciones no antropomorfas

El árbol del conocimiento del bien y del mal

La representación del hombre y la mujer junto a un árbol y a una serpiente (imagen 1) se encuentra ya en la más antigua mitología babilónica, desde donde –se asume– pasa a la tradición judeo-cristiana. En general, el conocimiento implicado en el consumo de los frutos de este árbol estaría más relacionado con lo moral que con lo científico, aunque en muchos casos se lo refiere como a un conocimiento más inclusivo, al *saber* como totalidad. Si bien no son las únicas representaciones existentes de este tema, las más numerosas son las ilustraciones cristianas del Antiguo Testamento, cuyo estilo evoluciona junto al de la pintura y la escultura.

El mochuelo de Atenea

En la mitología griega, el mochuelo acompaña a Atenea, la diosa de la sabiduría, entre otras atribuciones. A veces denominado “lechuza” o “búho”, se trata de una especie muy común en el área mediterránea cuyo nombre científico es precisamente *Athene noctua*. Es muy conocida su presencia en las monedas griegas de plata (imagen 2) y se lo encuentra también asociado a las representaciones de la diosa en la cerámica de la época e incluso en aquellas realizadas en el Renacimiento y aun después.

En Occidente, el mochuelo representa desde entonces la curiosidad (por los ojos abiertos y atentos) y el conocimiento (con que fue dotada la Diosa al nacer en la cabeza de Zeus) y se ha utilizado como representación de la Filosofía. Es, por ejemplo, el isotipo representativo de la Revista de Occidente, publicación creada por José Ortega y Gasset.

Representaciones antropomorfas (o casi...)

Divinidades

Mucho tiempo antes que los griegos, los egipcios también tuvieron su dios de la sabiduría (imagen 3), llamado Dyeuthy o Dyeuti, al que los griegos rebautizaron Tot (a veces escrito *Thot*, *Toth* o *Thoth*).

El paralelo de Tot en la mitología greco-romana es Hermes (Mercurio) que, si bien se caracteriza por su astucia, no podría ser estrictamente considerado un dios de la sabiduría. De Hermes

deriva un personaje mítico, Hermes Trimegisto (el tres veces grande), figura clave del ocultismo y también de la Alquimia, pero no existen datos históricos que certifiquen ni su existencia ni la autoría cierta de las obras que se le atribuyen.

Una de las musas (por lo menos de las nueve musas canónicas, ya que el tema de su número y sus atribuciones dista de ser sencillo) estaba asociada a la astronomía, las ciencias exactas y la poesía didáctica y su nombre era Urania (imagen 4). De ella toma su nombre el célebre libro de Camille Flammarion.

Alegorías

Las primeras alegorías de la ciencia tal como la concebimos hoy (no tan mezclada con la filosofía ni identificada con la sabiduría como en el pasado) sí mantienen su relación con el arte. Esto puede tener su razón de ser en la coexistencia en las colecciones y





gabinets de curiosidades reales, donde ambas vertientes de la actividad cultural convivían o se hallaban muy próximas.

En la plaza del Ayuntamiento de París pueden verse dos estatuas de bronce realizadas en el Siglo XIX. Una de ellas representa a las *artes* y la otra a las *ciencias* (imagen 5). Jules Blanchard, autor de esta última, como muchos otros autores de la época, recurre a un compás, libros y un globo celeste para sugerir la adscripción a las ciencias, aunque en rigor está limitando su representación a la Astronomía. Lo mismo ocurre con otra alegoría de la ciencia, pintada por Charles Joshua Chaplin, artista francés que vivió entre 1825 y 1891, cuando se observan los atributos con que se la adorna: un globo celeste, estrellas en el firmamento y un compás. Pero esto tiene mucho que ver con cuál era la ciencia “estrella” en cada momento de la historia, en aquel momento lo era la astronomía. Hoy en día, en que las alegorías han sido reemplazadas por los logotipos y los isotipos, la ciencia está mucho más frecuentemente representada por los instrumentos o conceptos de la física o de la química que por los de otras disciplinas.

En muchas ocasiones la ciencia no se encuentra sola, sino que es acompañada por otras alegorías, que comparten la escena. Tal sería el caso, por ejemplo de *La Ciencia, el Trabajo y el Arte* del muralista mexicano José Clemente Orozco (imagen 7), o el de *La Paz, la Fertilidad y la Ciencia* del pintor alemán Hans von Aachen (imagen 6).

Salvo el caso de Tot-Hermes-Mercurio, la mayoría de las alegorías y representaciones antropomórficas de la ciencia son femeninas. Pierre Paul Prud'hon,

artista francés a caballo de los siglos XVIII y XIX, le asigna, sin embargo, el aspecto de un hombre sabio, con una imagen que remite a muchas representaciones de filósofos clásicos durante el Renacimiento. Antes de sufrir su reemplazo por reproducciones en bronce y el desmembramiento de los originales de mármol por distintos lugares de la ciudad de Madrid, la obra *La Gloria y los Pegasos* de Agustín Querol, del año 1905, presentaba una alegoría de la ciencia en la figura de Apolo montado sobre uno de los dos Pegasos de la obra.

Vale la pena mencionar, como cierre, otra alegoría de la ciencia, obra del escultor Giovanni Duprè (1817-1882), que si bien se encuentra en el cementerio monumental de Pisa (Italia), está muy ligada a la historia de la ciencia en la Argentina. Es la que adorna la tumba de Ottaviano Fabrizio Mossotti (imagen 8), físico y astrónomo italiano que estuvo en nuestro país entre los años 1827 y 1835 desarrollando una intensa actividad docente y de investigación tanto en la Universidad de Buenos Aires como en el Instituto Topográfico de la Provincia de Buenos Aires, institución en la que, en esa misma época, trabajó también el entonces muy joven Juan María Gutiérrez, impulsor de la creación, en 1864, de la Facultad de Ciencias Exactas en el ámbito de la Universidad de Buenos Aires. ▀



REFERENCIAS

- 1) Adán y Eva y el árbol del bien y el mal, miniatura del Codex Aemilianensis (994), que se encuentra en la Real Biblioteca del monasterio de El Escorial (España).
- 2) El Mochuelo de Atena en una moneda de plata de Atenas, 480-420 a.C., Lyon, Museum of Fine Arts of Lyon.
- 3) Dyeuti representado con cabeza de ibis (más raramente se lo representaba con cabeza de papión). Bajo relieve del templo de Edfu (Egipto).
- 4) Estatua romana de Urania proveniente de Málaga (España) y exhibida en el Museo Arqueológico Nacional de Madrid.
- 5) La Ciencia según J. Blanchard, obra de 1882.
- 6) Alegoría de la Paz, la Fertilidad y la Ciencia, de Hans von Aachen.
- 7) Alegoría de la Ciencia, el Trabajo y el Arte, de José Clemente Orozco, en la New School (Universidad norteamericana dedicada al arte y el diseño).
- 8) Escultura que representa a la Ciencia, en la tumba de O.F. Mossotti.





Nora Bär

Un señor científico, filósofo y soñador

Había llegado hasta el barrio de San Cristóbal atraída por la perspectiva de una nota interesante y me encontré con que mi anfitrión me esperaba con la mesa servida. En una bandeja de plástico vi lo que parecía ser una piedra porosa y crujiente, pero iera liviana como una hoja de papel! En otra, había un grupo de bastoncitos blancos igual de “etéreos”.

Sin embargo, lo mejor llegaría un instante más tarde, cuando un joven vestido de chef les echó un chorrito de agua a punto de hervir. Como por arte de magia, el color y la consistencia de esos desconcertantes “objetos” delataron lo que realmente eran: carne y papas *lioofilizados* (es decir: sin agua).

Bastó cocinarlos no más de cinco minutos para que se transformaran en un exquisito bife y en unas papas fritas igualmente sabrosas que, acompañadas con “mix” de lentejas, arroz y zanahorias y, de postre, helado de crema con banana, naranja y tiritas de papa crocante chocolatada (todo, salvo el helado, con el mismo tratamiento), me permitieron disfrutar de un almuerzo futurista.

El encuentro ocurrió hace cuatro años. Fue allí donde conocí a Jorge Yanovsky, médico sanitarista, investigador y, en ese momento, presidente del Foro Argentino de Biotecnología, un personaje fuera de serie. Después de más de dos décadas de estudios, había logrado poner a punto una tecnología para tratar alimentos que, si se aplicaba en gran escala, me explicó, mejoraría drásticamente el acceso a los alimentos frescos, eje de una nutrición saludable y los primeros que se resignan cuando se desciende en la escala socioeconómica.

“La producción y el acceso a la carne es importante para el sentimiento nacional – me dijo en aquella ocasión–. Los aproximadamente 100 kilos en promedio que los argentinos consumimos por año (...) representan unos 30.000 millones de dólares, 15.000 millones en la puerta del frigorífico y otros 15.000 millones, en la carnicería. De este valor, la mitad (o sea 7500 millones de dólares) están directamente relacionados con la distribución en frío. La ciencia y la tecnología están en condiciones de aportar conocimientos que reduzcan el gasto, mejoren el proceso o nos den una ventaja competitiva”.

Ese día, solo en tren de especular, lancé algunas cifras que hacen agua la boca: el mercado mundial de *fast food* representa anualmente alrededor de 60.000 millones de dólares. Pero no hay forma de avanzar sobre mercados distantes sin resolver el problema de la vida útil –reflexionaba–, y la tecnología que había desarrollado podría ser la clave para participar, pero ofreciendo comida sana.

Se había planteado el desafío de alumbrar una revolución alimentaria. Para hacerse una idea de cómo concebía los problemas, basta mencionar que, entre otras iniciativas, estaba trabajando con la obra social de empleados públicos del Chaco en el desarrollo del programa “Comida Sana, Vida Sana”. Allí estudiaba la posibilidad de preparar menús infantiles con 100 g de carne y una guarnición de papa, verduras y hortalizas a un costo que podrían rondar los seis pesos.

Al poco tiempo, ya estaba haciendo una prueba de concepto en el comedor de la Facultad de Arquitectura de la UBA. “En última instancia, las formas de consumo son



Jorge Yanovsky

batallas culturales –explicaba–. Hoy, la calle tiene que ser ganada por una forma diferente de comer, más saludable. Esto debería ser una causa social”.

Graduado con diploma de honor en la UBA, Yanovsky no solo fue docente de Microbiología sino también jefe del Departamento de Chagas del Instituto de Patología Regional de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) y director del Instituto de Patología Regional de la UNNE en Resistencia. Había desarrollado métodos de diagnóstico y avanzado en una inmunización para el Chagas, una enfermedad “olvidada”.

Conjugaba su vasto conocimiento con una visión original de los problemas que convertía cualquier encuentro en una clase. A propósito de sus aportes nutricionales, por ejemplo, destacaba que había gestado “algo muy fuera de lo común, que es introducir en el mercado un producto que no toma en consideración el deseo del consumidor. Una especie de ‘evangelización’ que no es moral, sino saludable”.

En estos días, soñadores como Jorge Yanovsky, que trabajó sin pausa hasta su muerte, el último 15 de abril, a los 75 años, inspiran admiración genuina y nos hacen replantearnos las metas que perseguimos, como individuos y como sociedad. ▀

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





¿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