

EXACTA

m e n t e

La revista de
divulgación
científica

Tecnología
Centrales
nucleares
del siglo XXI



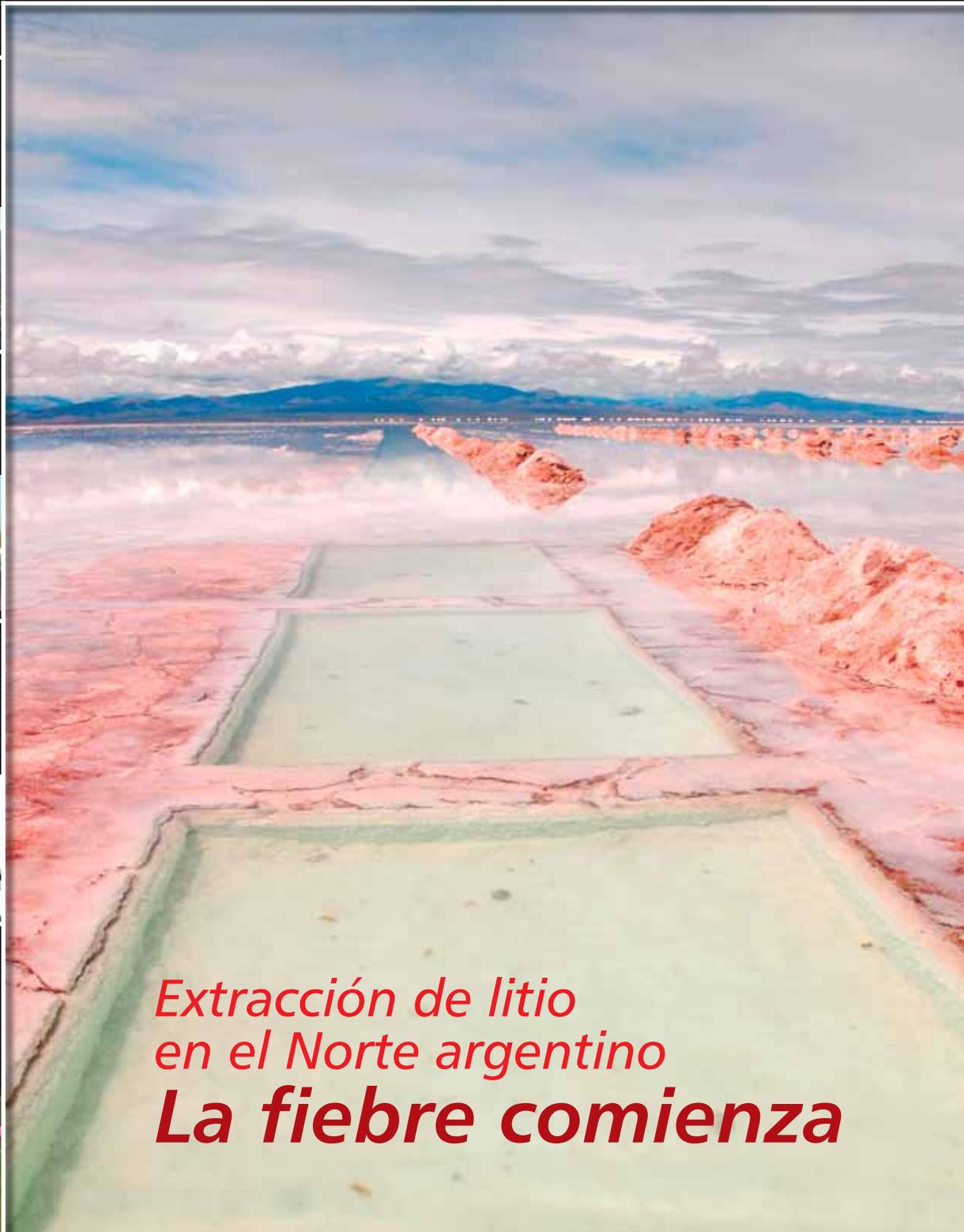
Entrevista
María Luisa
Altinger



Paleontología
¿Qué tenían
los dinosaurios
en la cabeza?



Institucionales
Programa
Exactas con
la Sociedad



*Extracción de litio
en el Norte argentino
La fiebre comienza*

Año 18 | Nº 48
Septiembre 2011
ISSN papel: 1514-920X
ISSN en línea: 1853-2942



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA



Área de Popularización del Conocimiento y Articulación con la Enseñanza Media

La Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires cuenta con un Área de Popularización del Conocimiento y Articulación con la Enseñanza Media dentro de su Secretaría de Extensión, Graduados y Bienestar.

LAS TAREAS DE ESTE ÁREA SON:

- transmitir a todo tipo de público el conocimiento científico, haciéndolo de manera clara, amena y divertida sin perder rigurosidad
- vincular 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)

[<http://exactas.uba.ar/popularizacion>]

El EPC-Exactas lleva adelante proyectos de divulgación, alfabetización y enseñanza de las ciencias destinados tanto a la escuela media como al público en general:

- Semanas de las Ciencias
- Exactas va a la Escuela
- La Escuela viene a Exactas
- Ciencia en Marcha
- Olimpiadas de Ciencia

DIRECCIÓN DE ORIENTACIÓN VOCACIONAL (DOV-EXACTAS)

[<http://exactas.uba.ar/dov>]

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
- Estudiando a los Científicos



■ Más información, consultas e inscripciones

Secretaría de Extensión, Graduados y Bienestar | Pabellón II, Ciudad Universitaria
Teléfonos: 4576-3399/3337 internos 37 (EPC-Exactas) y 43 (DOV-Exactas)
popularizacion@de.fcen.uba.ar | dov@de.fcen.uba.ar | www.exactas.uba.ar/media

EXACTAS

UBA



Consejo editorial

Presidente

Jorge Aliaga

Vocales

Sara Aldabe Bilmes
Guillermo Boido
Guillermo Durán
Pablo Jacovkis
Marta Maier
Silvina Ponce Dawson
Juan Carlos Reboreda
Celeste Saulo
José Sellés-Martínez

Staff

Director

Ricardo Cabrera

Editor

Armando Doria

Jefe de redacción

Susana Gallardo

Coordinador editorial

Juan Pablo Vittori

Redactores

Cecilia Draghi
Gabriel Stekolschik

Colaboradores permanentes

Pablo Coll
Guillermo Mattei
Daniel Paz

Colaboran en este número

Paula Falaschi
Federico Kukso
José Sellés-Martínez

Diseño gráfico

Pablo Gabriel González
Federico de Giacomi

Fotografía

Juan Pablo Vittori
Paula Bassi
Diana Martínez Llaser

Impresión

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

EXACTamente

es una publicación cuatrimestral propiedad 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.
Secretaría de Extensión, Graduados y Bienestar.
Ciudad Universitaria, Pabellón II, C1428 EHA Capital Federal
Tel.: 4576-3300 al 09, int. 464, 4576-3337, fax: 4576-3351.
E-mail: revista@de.fcen.uba.ar
Página web de la FCEyN:
<http://exactas.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.

EDITORIAL

Desde la creación de la UBA, Exactas estuvo presente

La Universidad de Buenos Aires se crea en 1821 bajo la influencia de las escuelas de Náutica y de Dibujo, fundadas por Belgrano con la idea de que estas eran necesarias para su modelo de desarrollo basado en la industria y el trabajo local. Mientras la Universidad Nacional de Córdoba, fundada en 1613 por los jesuitas, concentraba su oferta académica en teología, filosofía y derecho, la UBA se organiza en seis departamentos, dos de los cuales tenían contenidos de ciencias exactas y naturales.

Durante la etapa de organización institucional, las estructuras se modifican: Departamento de Ciencias Exactas (1865), Facultades de Matemática y Ciencias Físico-Naturales (1874), Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas (1881), y Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (1891), etapa en que se consolidan los doctorados en Química, Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales. En 1949 la Facultad de Arquitectura se separa, y lo mismo ocurre en 1952 con Ingeniería, y las carreras de ciencias básicas quedan agrupadas bajo su nombre actual: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

A fines de la década de 1950, la UBA, de impronta profesionalista, se reorganiza. Con nuevo estatuto y la conducción del rector Risieri Frondizi, comienza un período que se conocería como la Década de Oro. La Facultad se refunda bajo la gestión de Rolando García y Manuel Sadosky: estructura departamental; cargos docentes concursados sin mención de cátedra; docentes-investigadores con dedicación exclusiva; proyectos de avanzada, como el Instituto de Cálculo, donde se desarrollaría la matemática aplicada mediante la puesta en marcha, en 1961, de la primera computadora para uso académico de latinoamericana, Clementina.

Esta época, de gran inestabilidad política y con el peronismo proscrito, termina abruptamente cuando la dictadura de Onganía interviene las universidades, el 29 de julio de 1966. El Consejo Directivo de la Facultad se reúne de urgencia en la vieja sede de la Manzana de las Luces y las personas que permanecían en el edificio son desalojados a la fuerza, en lo que luego se conocería como la Noche de los Bastones Largos. El 70% de los docentes de Exactas renunció en señal de protesta, muchos de los cuales luego emigraron a Estados Unidos, Europa y Brasil, desarrollando destacadas carreras.

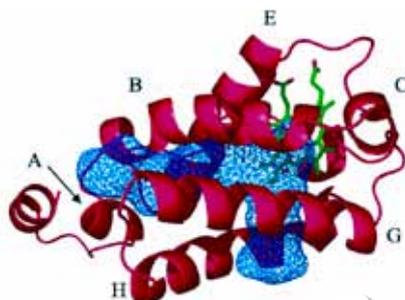
Con la vuelta de la democracia se da un intenso debate sobre el rol de la universidad en el contexto político de la época, y entre marzo de 1973 y agosto de 1974 la UBA tiene 6 rectores, etapa que se clausura con la "misión" Ivanissevich-Ottalagano. El personal docente es cesanteado y luego solamente algunos son designados nuevamente. La dictadura de 1976-1983 refuerza el marco opresivo, con la presencia de personal policial dentro de la Facultad y la desaparición de personal y alumnos.

En 1983 Exactas era una Facultad estancada y con cupos de ingreso. Desde entonces se sucede el más largo período de funcionamiento del sistema autónomo y co-gobernado de la historia. La Facultad retoma su tradición de concursos periódicos y rápidamente se regularizan los cargos de todo el personal docente. La producción científica se multiplica y se crean nuevas carreras.

Hoy Exactas es el centro de investigación más grande del país. El fuerte impulso dado al sector en los últimos años una mejora sostenida. La Facultad cuenta con las Becas Sadosky y Exactas para alumnos con necesidades económicas, incentiva las actividades de extensión universitaria a través del Programa Exactas con la Sociedad, y ayuda a nuestros alumnos y graduados con vocación a desarrollar empresas de base tecnológica por medio de nuestra incubadora INCUBACEN, convencidos de que el crecimiento de este tipo de industrias en el país será clave para un desarrollo más justo y sostenido.

A las puertas del bicentenario de la UBA aspiramos a insertar a Exactas en un país con menos pobreza y más trabajo, y con una Facultad jugando un papel fundamental como soporte de ese modelo de desarrollo.

Jorge Aliaga
Decano de la Facultad de
Ciencias Exactas y Naturales



QUÍMICA

6

- Experimentación simulada
Por Gabriel Stekolschik



INSTITUCIONAL

22

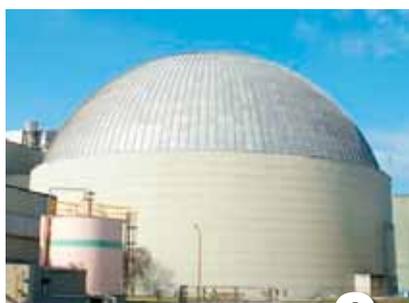
- Programa Exactas con la sociedad
Por Gabriel Stekolschik



NEUROCIENCIA

38

- Pensamientos líquidos
Por Federico Kukso



TECNOLOGÍA

9

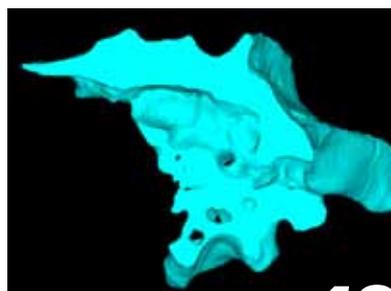
- Centrales nucleares del siglo XXI
Por Guillermo Mattei



RECURSOS

26

- Extracción de litio en el norte argentino
Por Susana Gallardo



PALEONTOLOGÍA

42

- Tomografía de dinosaurios
Por Paula Falaschi



PANORAMA

14

- Estadísticas y salud
Por Cecilia Draghi



METAMATERIALES

30

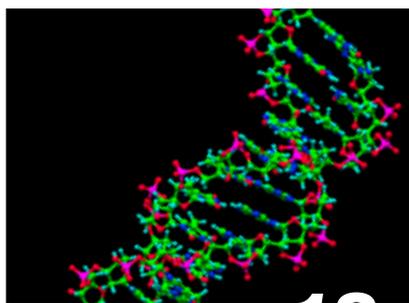
- Luz obediente
Por Gabriel Stekolschik



ARTES

50

- De Platón a Escher
Por José Selles-Martínez



EPIGENÉTICA

18

- Genes que se encienden y apagan
Por Susana Gallardo



ENTREVISTA

34

- María Luisa Altinger
Por Susana Gallardo

ADEMÁS

- 46. Biblioteca
- 48. Preguntas
- 49. Variedades.
Por Ricardo Cabrera
- Humor.
Por Daniel Paz



EXACTAS

UBA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

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

Tecnología de 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

EXACTamente ahora tiene BLOG

Ya podés conectarte con la revista
a través de:

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

En el blog podrás encontrar todas
las notas de cada número de la revista,
comentarios sobre ciencia y educación,
información sobre cómo recibir EXACTamente
y datos sobre la Facultad.

Los esperamos.



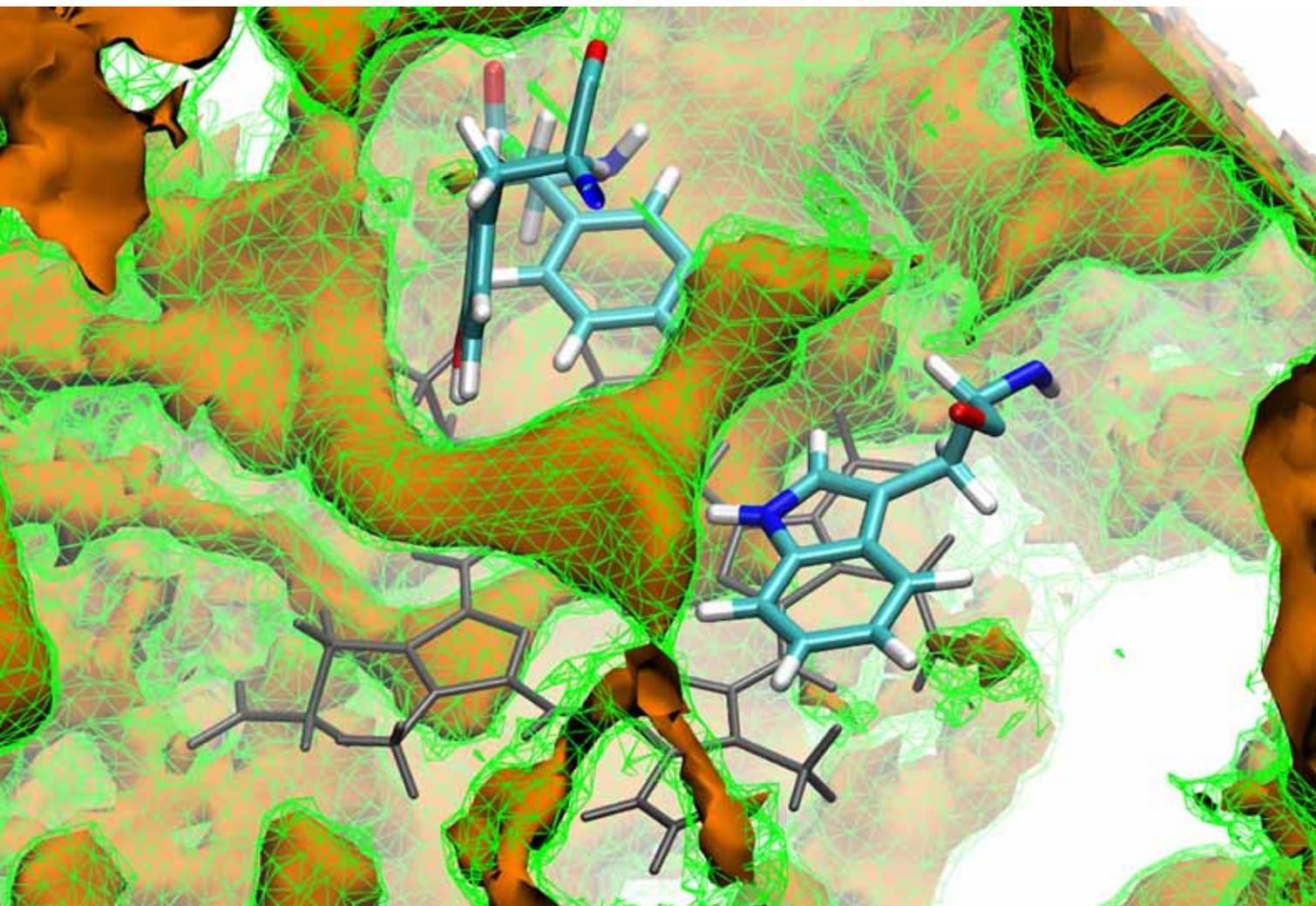
Experimentación simulada

Computadora mata tubo de ensayo

por Gabriel Stekolschik | gstekol@de.fcen.uba.ar

Algunos investigadores han reemplazado la mesada del laboratorio por la pantalla de la computadora y, por lo tanto, algunos experimentos tradicionales se concretan a través de sofisticados programas de computación. No es por una cuestión de comodidad, dado que el requerimiento de hardware es altísimo y, en consecuencia, costoso. Entre las ventajas está el hecho de que la simulación arroja un detalle nunca visto a la hora de entender y trabajar sobre las interacciones químicas.

Simulación de hemoglobina truncada de Thermobifida fusca. (Grupo de Modelado Molecular (GMM)).



Quienes tuvimos la suerte de ir a la escuela llevamos en algún lugar de la memoria el recuerdo de los trabajos prácticos que realizábamos en el laboratorio del colegio. Aquellas primeras experiencias “científicas” —que nos amontonaban alrededor de un microscopio para tratar de identificar una célula, o que nos compelián a mezclar sustancias para ver un cambio de color— daban cuenta de un universo extraño, poblado de un montón de instrumentos raros.

Que el mundo cambia y nada es como era antes es una verdad de Perogrullo. También es una perogrullada afirmar que el desarrollo de la informática ha cambiado nuestras vidas de una manera radical. Pero lo que —hasta el momento— escapa del ámbito de lo obvio es que las computadoras están reemplazando a los tubos de ensayo, las probetas y las pipetas que usábamos en aquellos experimentos escolares.

Es así. La realidad virtual ya no es solamente patrimonio de los juegos de computación. Ahora, los propios científicos hacen experimentos virtuales: “Así como un simulador de vuelo es capaz de determinar si un piloto es capaz de llevar el avión a destino, la química computacional puede determinar, por ejemplo, si cierta droga es capaz de inhibir a una enzima o si un par de proteínas pueden interactuar entre sí”, ilustra el doctor Adrián Turjanski, investigador del Conicet en el Instituto de Química Física de los Materiales, Medioambiente y Energía (INQUIMAE) y en el Departamento de Química Inorgánica, Analítica, y Química Física (DQIA-yQF) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA.

¿Por qué utilizar computadoras en lugar de tubos de ensayo? Por ejemplo, para entender qué sucede durante una reacción química. Porque al efectuar un experimento real en un tubo podremos saber que, si mezclamos una sustancia A con otra sustancia B, ellas podrán reaccionar entre sí para dar un producto C.

Pero de esta manera es casi imposible conocer al detalle lo que ha ocurrido en el intermedio.

Así, las computadoras ayudan a llenar ese bache en el conocimiento, a entender en profundidad cómo se comportan los átomos durante una reacción química. O también, por ejemplo, a predecir qué conducta seguirán dos moléculas en el momento en que se encuentren.

Juego de química

Para jugar con los átomos y las moléculas en la computadora, los científicos deben recurrir a programas de computación diseñados para tal fin: “La química computacional se vale de modelos matemáticos. Resolviendo las ecuaciones correspondientes, estos modelos permiten entender las interacciones entre átomos y moléculas y predecir comportamientos de la materia que en ocasiones es difícil estudiar en el laboratorio”, explica el doctor Darío Estrin, investigador del Conicet en el DQIA y QF/INQUIMAE y director del Grupo de Modelado Molecular.

Dichos modelos matemáticos son conjuntos de ecuaciones diseñadas a partir del conocimiento teórico que se tiene acerca de cómo se comporta la materia en diferentes condiciones y son los que permiten “dar vida” a los átomos y a las moléculas y “verlos” moverse e interactuar en la pantalla de la computadora.

En términos generales, existen dos tipos de modelos para efectuar simulaciones: “Una manera de simular el comportamiento de las moléculas es a través de los llamados métodos clásicos, que son modelos más sencillos basados en las leyes de la física clásica. Pero los más precisos son los que están basados en las leyes de la mecánica cuántica y que permiten describir los fenómenos al nivel de los electrones”, señala Estrin. Cabe aclarar que la mecánica cuántica es una rama de la física que estudia el comportamiento de la materia y cuyas leyes rigen el mundo de lo muy pequeño.



Darío Estrin.

Diana Martínez Llaser

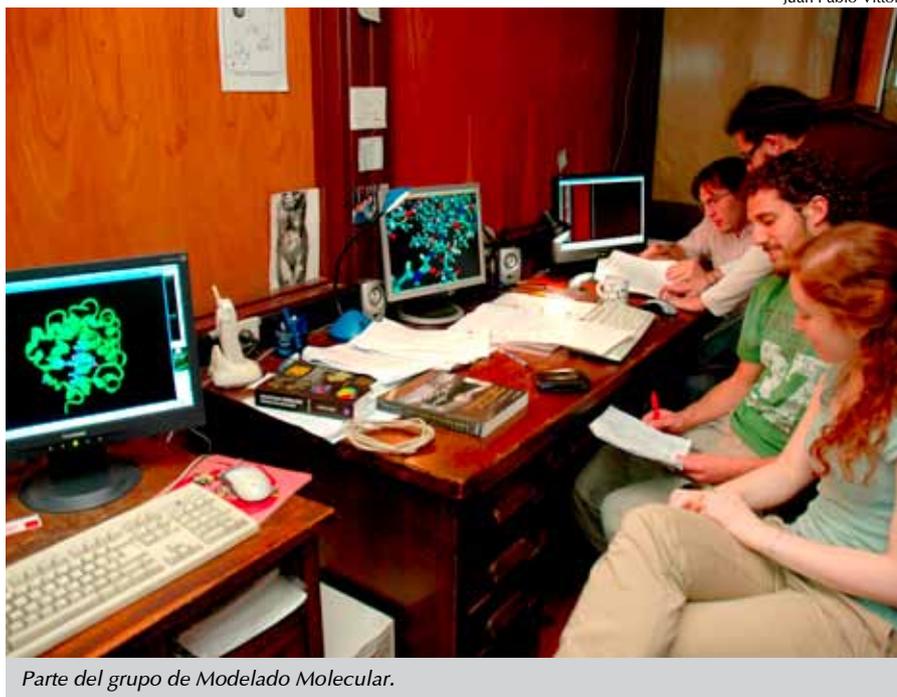
Los límites del juego

Algunas reacciones químicas suelen ocurrir muy rápido. Muchísimo más rápido que un abrir y cerrar de ojos. “En términos generales pueden durar nanosegundos —o sea, milmillonésimas de segundos—, y algunas son todavía más rápidas: pueden ocurrir en picosegundos —billonésimas de segundos— o, incluso, en menos tiempo”, ejemplifica Estrin.

Por lo tanto, para estudiar una reacción química podría ser suficiente con simular unos pocos microsegundos, es decir, unos pocos miles de nanosegundos de la vida de las moléculas.

Parece muy poco. Sin embargo, lo efímero de este fenómeno no implica que simular *in silico* (en la computadora) lo que ocurre *in vivo* sea sencillo. De hecho, tiene un alto costo de procesamiento y, por lo tanto, límites. Porque las ecuaciones con las que se construyen los modelos son complejas.

“Si bien son más precisos, la principal desventaja de los modelos basados en las leyes de la mecánica cuántica es la complejidad de sus ecuaciones, por lo que los cálculos requieren mucho en recursos de computación y, por lo tanto, en tiempo de procesamiento. En cambio, los modelos basados en la física clásica demandan menos recursos de computación, pero solo permiten estudiar fenómenos que no incluyan ruptura o formación de enlaces químicos”, comenta Estrin.



Parte del grupo de Modelado Molecular.

Así como la capacidad de procesamiento establece un límite temporal para la simulación, es decir, para cuánto tiempo de vida de la molécula se puede estudiar, la potencia de computación disponible también limita el tamaño del sistema a analizar, porque cuanto mayor sea la molécula en estudio, mayor será la necesidad de recursos de procesamiento.

“Si tengo un sistema muy chiquito, podría predecir su evolución durante más tiempo que si tuviera un sistema más grande”, consigna Estrin, y da un ejemplo: “Con los modelos clásicos, yo puedo simular sistemas más grandes durante más tiempo. Por ejemplo, puedo simular un microsegundo de una proteína de 200 aminoácidos, que igual es muy poquito. Por otro lado, con un modelo cuántico, el límite es mucho más chiquito todavía. Por ejemplo, su aplicación se limita a moléculas formadas por no más de cien átomos”.

En definitiva, la simulación por computadora de la vida de las moléculas está limitada por el poder de cómputo. Para sobrellevar esta restricción tecnológica y obtener alto poder de cálculo, los investigadores recurren a los denominados “clusters”, es decir, a un conjunto de computadoras interconectadas en serie. Por ejemplo, en la FCEyN existe el Centro de Cómputos de Alto Rendimiento (CeCAR) que dispone de 56 computadoras interconectadas, cada

una de las cuales tiene cuatro microprocesadores, lo que resulta en que el *cluster* tiene un total de 224 procesadores trabajando simultáneamente.

Para dar una idea de la potencia del *cluster* del CeCAR (en el mundo existen otros más potentes), Turjanski da un ejemplo: “Estudiar diez nanosegundos de la vida de una proteína con una computadora, analizar con una sola máquina qué le sucede a esa proteína picosegundo a picosegundo durante diez nanosegundos puede llevar meses, y con el *cluster* eso se puede hacer en pocos días”.

Pero todavía hay fronteras que aun el *cluster* más poderoso es incapaz de atravesar: “Si quiero estudiar cómo una droga entra y sale de una proteína, es un fenómeno que ocurre en el orden de los milisegundos, y nadie lo puede simular hoy en día, ni siquiera con las computadoras más potentes que existen”, señala.

Para Estrin, estas dificultades pueden aliviarse en cierta medida utilizando criterios muy personales a la hora de determinar el sistema de estudio: “Si bien dependemos de la capacidad de la computadora, la intuición química del investigador puede ayudar de alguna manera. Por ejemplo, cuando uno está observando un fenómeno reactivo, sabemos que este no ocurre en toda la molécula sino en una parte de ese sistema y, por lo tanto, limitamos la simulación a ese lugar del sistema”.

Juego y realidad

Se puede jugar con las moléculas en una pantalla para poder explicar comportamientos observados experimentalmente, o para predecir esos comportamientos cuando el experimento es complicado o irrealizable. También, se pueden hacer simulaciones para ver qué modificaciones se le podrían hacer a un determinado medicamento para que sea más activo, sin necesidad de estar probando alternativas engorrosas en el laboratorio. De igual manera, se puede simular químicamente un compuesto para encontrar métodos alternativos para su producción.

“La química computacional produjo un cambio de paradigma en el desarrollo de medicamentos, contribuyendo al diseño racional de drogas y acelerando los procesos de identificación y mejoramiento de nuevos compuestos”, informa Turjanski.

La simulación del comportamiento de átomos y moléculas en la computadora presenta, además, ventajas potenciales en otros campos, como la nanotecnología y la electrónica molecular.

No obstante, todavía, más que imitar fielmente el comportamiento de la naturaleza lo que se han logrado son aproximaciones bastante cercanas a la realidad: “Todas estas simulaciones se basan en algún modelo y, por lo tanto, nunca van a ser mejores que lo que el modelo permita. No es lo mismo que un experimento real, en el sentido de que en el experimento real puede haber problemas de interpretación, pero el resultado es unívoco. Acá también hay un resultado unívoco, pero para el modelo que uno está simulando, que no necesariamente va a coincidir con la realidad”, aclara Estrin.

En cualquier caso, los resultados alcanzados hasta el momento han demostrado que la química computacional es una disciplina útil para generar conocimiento nuevo.

Quizás, algún día sea posible calcar de manera fiel la realidad y que asistamos a la extinción de los tubos, las probetas, las pipetas y toda la batería de artefactos que componen un laboratorio real. Quizás, algún día, los experimentos escolares se realicen en grandes salas repletas de computadoras. □

Las centrales nucleares del siglo XXI

El síndrome de Santa Clara del Mar

por Guillermo Mattei | gmattei@df.uba.ar

El 11 de marzo pasado, un terremoto de 9 puntos en la escala de Ritchter sacudió a Japón y provocó, horas después, un tsunami devastador con más de 25 mil pérdidas humanas. La combinación de los dos fenómenos provocó graves daños en la central nuclear de Fukushima y un posterior debate mundial –tan enérgico como volátil– acerca de los riesgos de la producción de energía atómica. En esta nota, el especialista Mario Mariscotti analiza la situación actual de las centrales y delinea pros, contras, mitos y realidades.

Fotomontaje: CePro-EXACTAS.





“28 de diciembre de 2011. 14.53 GMT. A 1.453 kilómetros al este de Santa Clara del Mar (Provincia de Buenos Aires, Argentina), el mar abierto del Océano Atlántico parece no ofrecer ninguna particularidad. Sin embargo, las tripulaciones de los cuatro buques oceanográficos conocen a la perfección lo que sucederá en segundos: el síndrome de Santa Clara del Mar. Son las antípodas geográficas de Fukushima (Japón). Tres minutos después de la hora prevista, un borbotón de medio kilómetro de radio simétricamente perfecto, de agua, vapor, pedazos de corteza terrestre y destellos azulados estremece el mar. En el mismo momento que los pedazos de corteza alcanzan nuevamente la superficie del mar, un descomunal remolino se traga todo objeto flotante. El instrumental a bordo, que monitorea el colosal suceso a diez kilómetros de distancia, detecta el pico de radiactividad. Un oceanógrafo especula: “El amortiguamiento que impone el planeta hará improbable que la próxima oscilación alcance la misma amplitud en el período teórico”, mientras que el periodista Gustavo Lupus, en transmisión directa para su canal de cable XNCiencia, exclama: “¡...una esquirra radiactiva e incandescente atravesando un pan de manteca!”. Lo concreto es que desde que la central de Fukushima-Daiichi colap-

sara por el tsunami de marzo de 2011, las reacciones nucleares en cadena descontroladas fundieron no sólo el fondo metálico del reactor, de veinte centímetros de espesor, sino también los cimientos del edificio y la corteza terrestre. Los procesos físicos posteriores ocurridos en la interacción de la esfera de combustible nuclear con la litosfera, la tectosfera y los mantos aún es motivo de discusión entre físicos y geólogos.” La cita anterior puede ser sólo una nueva versión de la ficticia hipótesis de *El síndrome de China* (ver Recuadro), pero con dramatismo mediático del siglo XXI, o también una excusa para sobrevolar mitos y verdades de las centrales nucleares.

Particularmente, el incidente nuclear de Fukushima tiene todos los ingredientes necesarios para entender un poco más las relaciones entre ciencia básica, ciencia aplicada, tecnología, política, poder económico, medios de comunicación corporizados, imaginario social y postmodernismo tecnocientifizador. El modelo físico que describe la materia a escalas atómicas y sus evidencias experimentales, las aplicaciones que contribuyen a hacer más eficientes y seguros los diseños de las centrales nucleares, la solución al problema de las fuentes primarias de energía, la hipersensibili-

dad de las políticas nucleares, la explotación comercial nada sustentable de los recursos naturales, el analfabetismo científico mediatizado, la percepción popularizada del Apocalipsis nuclear y la epistemología en presuntos tiempos aciagos son diferentes rasgos que aportó una charla con uno de los mayores especialistas argentinos en temas nucleares, el físico Mario Mariscotti, ex director de Investigación y Desarrollo de la Comisión Nacional de Energía Atómica, destacado investigador de acá y del exterior, y autor del libro *El secreto atómico de Huemul*.

Ciencia, ciencia básica y tecnología

A la hora de popularizar conocimiento, Mariscotti explica que un reactor nuclear es como una caldera que, en lugar de quemar combustible fósil, usa el proceso de la fisión nuclear para calentar agua. “Hay mucha gente que, si bien sabe lo que es la fisión o la famosa equivalencia de Einstein entre la masa y la energía, no sabe cómo esas nociones terminan siendo agua caliente”, opina Mariscotti y continúa: “En el proceso de fisión, el núcleo de uranio se separa en dos pedazos respecto de los cuales uno podría hacer la analogía de imaginarlos como dos esferas que comprimen un resorte que las tendería a separar con mucha ener-



CDC

EL SÍNDROME DE CHINA



En 1971, el físico nuclear estadounidense Ralph Lapp utilizó el término compuesto “síndrome de China” para describir la eventual fundición de un reactor nuclear y la penetración de la masa caliente de combustible nuclear a través de su contenedor, de la capa de cemento debajo del mismo y del suelo circundante al edificio. En un extremo caricaturesco e irreal, el término aludía a que el combustible podría atravesar el planeta hasta las antípodas de Estados Unidos o, metafóricamente, hasta la China aunque, en realidad lo fuera el Mar Índico. La película (protagonizada por Jack Lemmon, Jane Fonda y Michael Douglas), fue estrenada el 16 de marzo de 1979, sólo doce días antes del accidente nuclear de Three Mile Island (Pensilvania, Estados Unidos). La película, tuvo un gran éxito de taquilla por la inusitada simultaneidad y coincidencia con el accidente nuclear real.

Central nuclear de Three Mile Island en Pennsylvania, Estados Unidos.

RADIATIVIDAD Y VIDA MEDIA

La radiactividad es un fenómeno o mecanismo mediante el cual la Naturaleza transforma los núcleos atómicos para que alcancen su condición de menor energía y, en particular, en los núcleos donde sobran protones o neutrones, ella se las ingenia para convertir unos en otros a través del llamado decaimiento beta. Cuando se fisiona un núcleo de uranio, se producen esos fragmentos que tienen un desequilibrio en neutrones; o sea, son más ricos en neutrones y los núcleos resultantes emiten radiación beta para convertir neutrones en protones hasta alcanzar el equilibrio. Este proceso está caracterizado por la rapidez con que se produce la emisión. La probabilidad de emisión tiene que ver con cuán lejos está el sistema de esa situación de equilibrio: más lejos es más rápido y ahí aparece el concepto de vida media. La vida media es el tiempo que tarda una sustancia radiactiva en reducirse a la mitad; no en agotarse. En el caso de los tratamientos médicos de la tiroides por inyección de yodo radiactivo, la actividad termina luego de un par de meses, no de una semana, como a veces erróneamente se explica en los consultorios. El analfabetismo científico, a veces, causa cierto escozor y sobre todo si roza la responsabilidad social.

gía –la fuerza de repulsión coulombiana, que tiene largo alcance– si no fuera que un ganchito –la fuerza nuclear, que tiene corto alcance– lo traba impidiéndole expandirse. Basta una leve perturbación, como el pasaje de un neutrón lento o de baja energía, como para levantar ese ganchito y liberar la energía acumulada en el resorte”. Los dos fragmentos se frenan en el medio que los rodea, la pastilla de uranio, lo cual produce un calor equivalente a frotarnos las manos. Sin embargo, la energía de una única fisión es, en términos macroscópicos, despreciable, explica Mariscotti. La clave es que cada fisión emite, además de los dos fragmentos principales, dos o tres neutrones que pueden inducir nuevas fisiones y dar lugar a una reacción en cadena. Mariscotti metafórica: “Si los núcleos de uranio tuvieran el tamaño de una moneda de 10 centavos, para uno de los neutrones excedentes que es 200 veces más chico que el núcleo de uranio, fisionar otro núcleo sería como chocar con otra moneda a seis cuadras de distancia”. La reacción en cadena no es trivial, hay que hacer muchas cosas para que ocurra, pero ocurre. Controlar estos procesos es lo que permite generar el suficiente vapor de agua a presión que mueve las turbinas productoras de energía eléctrica.

De cuando la Tierra y el Mar no pensaron lo mismo

“Todos los reactores (diez) de las dos centrales de Fukushima resistieron el terremoto pero tres de Daiichi, que estaban en funcionamiento, se quedaron sin refrigeración cuando el tsunami posterior inundó las salas donde estaban los motores encargados de proveerla. El nivel de agua destinada a la refrigeración disminuyó dejando parte de los elementos combustibles expuestos y así se fundieron parcialmente. Aumentó la presión y hubo que ventear vapor para disminuirla. El enfriamiento se intentó con agua de mar pero el aumento de temperatura del agua en las primeras horas dio lugar a la generación de hidrógeno libre que, al salir a la atmósfera, produjo las explosiones que dañaron los edificios”, pormenoriza Mariscotti. La radiactividad en los alrededores de la central se debió fundamentalmente a la emisión de isótopos del yodo y del cesio que se producen en la fisión.

A diferencia de una caldera convencional, en la que se apaga el fuego y el calor cesa, en el caso nuclear, debido a la radiactividad, se sigue generando calor equivalente en potencia al 1% del que se genera en funcionamiento normal, lo cual no es poco. En un reactor pequeño, como lo era la unidad 1 de Fukushima, se siguieron generando una



Las fallas de Fukushima luego del terremoto y posterior tsunami que se produjo en japon, fueron tema de debate y llevaron a la ejecución de algunos rediseños en centrales similares de, por ejemplo, Estados Unidos.

decena de megawatts térmicos. Si en el apagado del reactor ocurre que éste se queda accidentalmente sin agua entonces hay que agregársela porque, si no, su núcleo se funde. Estas dos fallas de Fukushima, la caída del sistema eléctrico y la falla de los sistemas de refrigeración de emergencia, fueron tema de debate, análisis, prospectivas y llevaron a la ejecución de algunos rediseños en centrales similares de, por ejemplo, Estados Unidos.

Resultado: en radios de evacuación de 20 y 30 km, los niveles de radiación no fueron preocupantes (ver Recuadro ¿Cuánto es mucha radiación?). Sólo la población de Itate (a 40 km de Fukushima) recibió una dosis algo superior, a causa de los vientos. Hoy el yodo radiactivo ya prácticamente ha desaparecido en Japón mientras que el cesio es lo que queda por limpiar.

Sociedad, política, medios y algo más

El problema social de la energía nuclear reside en el hecho de que se generen sustancias radiactivas como consecuencia del proceso de fisión y de la captura neutrónica, con vidas medias muy diferentes (ver

Recuadro Radiactividad y vida media); por ejemplo, el plutonio es el más preocupante porque tiene una vida media de 24.000 años.

“El cesio, que tiene una vida media de 30 años, se deposita en los campos cuyo pasto comen las vacas que dan la leche que nosotros tomamos, lo cual equivale a tragarse un cañón microscópico... Afortunadamente el organismo libera el cesio luego de una bioactividad típica de 70 días, pero el medio ambiente afectado demanda remediación. El yodo radiante se compensa con yodo no radiactivo para que sature la tiroides y, como su vida media es de 8 días, a los dos o tres meses es un problema inexistente”.

Incomprensiblemente o no, los medios generaron el mito de los operarios kamikazes de Fukushima, lo cual es una falsedad escatológica. En Fukushima no hubo muertos por razones nucleares y el nivel de radiación liberada fue diez veces menor que el de Chernobyl. Las evaluaciones sociales vehiculizadas por los medios no son del todo ajustadas a la realidad. La percepción popular es

que la energía nuclear tiene riesgos apocalípticos, pero la cuantificación estadística dice otra cosa, ya que está en el trigésimo puesto debajo de los accidentes de aviación, de automóviles, de los ataques del corazón, el tabaquismo, y de los producidos por otras fuentes de energía, entre otros. Contrariamente, los riesgos de fumar causan miles de muertes sólo por la exposición al cigarrillo, pero tiene bajo impacto en el imaginario público. Vivir cerca de una central nuclear tiene tres veces menos riesgo que vivir cerca de una de carbón, que también tiene uranio, pero pocos lo saben.

En 2001, Alemania ya había legalizado la suspensión del crecimiento nuclear y pese a que la canciller Ángela Merkel había revertido esa pauta, Fukushima la obligó a retomarla. En este contexto, Alemania debería sustituir 17.000 mw de energía nuclear (casi toda la potencia que genera la Argentina o un 20% del total alemán). Suponiendo que los reemplace con energía eólica, debería plantar entre 30 y 40.000 molinos de viento. De todas maneras, una cosa es la potencia que puede entregar la fuente primaria y otra, la eficiencia con que carga una red eléctrica. Las buenas centrales nucleares (como las argentinas) tienen el llamado factor de carga del 90%; o sea, entregan a la red casi toda la energía casi todo el tiempo, mientras que la eólica sólo lo hace cuando sopla el viento.

“Hoy leí que el primer ministro japonés, Naoto Kan, quiere reemplazar toda la

¿CUÁNTO ES MUCHA RADIACIÓN?

La radiación puede dañar los tejidos y por lo tanto es, básicamente, una generadora de cáncer humano. Mariscotti explica: “Hoy sabemos que si uno recibe una dosis muy alta de radiación, muere; pero todavía no sabemos bien qué pasa con las bajas dosis de exposición”. Para poder interpretar mejor, Mariscotti propone pensar a la dosis en términos de unidades de las populares placas de abdomen. Por ejemplo: una tomografía equivale a unas 5 a 10 unidades. “Cuatro mil unidades significan una probabilidad de morir del 50%, dos mil unidades nos da una probabilidad del 10% pero cuando llegamos a pocas unidades no sabemos mucho”, aclara el especialista. El criterio es extrapolar linealmente: menor dosis implica menor probabilidad de contraer cáncer, pero siempre hay que tener en cuenta qué significa una probabilidad distinta de cero. Algunos estudios sostienen que el organismo sometido a bajas dosis se las ingenia para adaptarse y autocompensarse, “pero eso no está del todo probado”, afirma Mariscotti. ¿Otros valores típicos? Dos unidades es lo que recibimos en un año por radiaciones naturales a las que inevitablemente todos estamos sometidos; las paredes tienen radiación; el dormir con una persona significa recibir una dosis adicional no despreciable que, integrada en un año, totaliza aproximadamente media unidad; hay lugares en el mundo que tienen mucha más radiactividad que el promedio natural (en algunas regiones puede alcanzar unas 10 veces más). “Hubo extranjeros que decidieron evacuar Tokio volando diez horas en avión luego de conocerse lo de Fukushima, y recibieron un 10% más de la radiación natural que recibimos en un año, más de lo que hubieran recibido si se hubieran quedado en la ciudad”, apunta Mariscotti.

energía nuclear en su país (el 30% del total), por fuentes de combustibles fósiles, lo cual rompería con todos los compromisos de Kyoto sobre emisiones de dióxido de carbono al ambiente, y suplir con eólica, solar o biocombustible es casi inviable”, afirma Mariscotti.

“Por supuesto que en el otro extremo del peligro de aumentar la temperatura de la Tierra, aparece el problema –casi el único real que señala Greenpeace sobre la energía nuclear– de la radiactividad de los residuos de alta vida media”, argumenta Mariscotti. Producir residuos de miles de años de vida media de irradiación es, sin duda, una responsabilidad frente a generaciones futuras. Almacenar plutonio en algún lado y que exista la probabilidad de contaminar las napas de agua potable es una instancia acer-

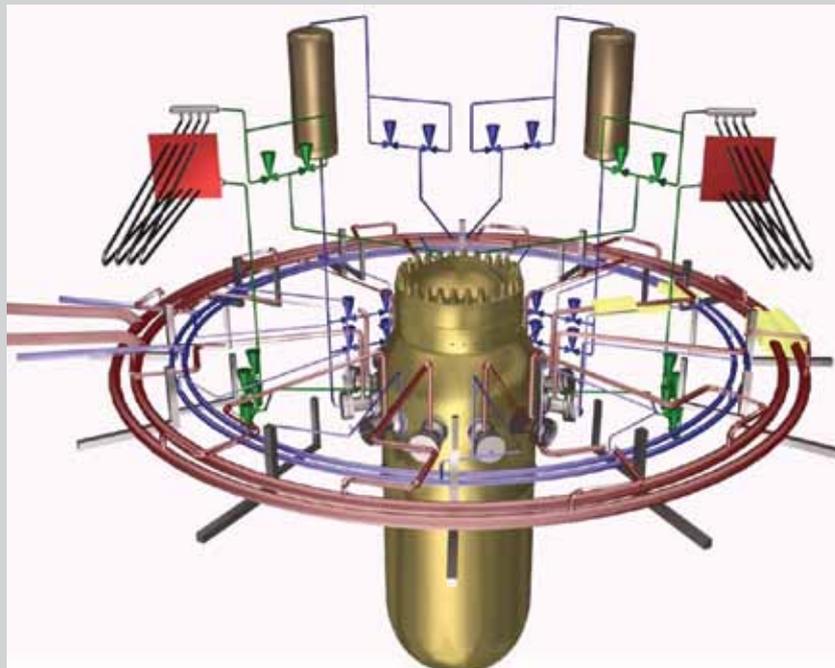
ca de cuya evitabilidad hay que aprender mucho. Sin embargo, Mariscotti aporta: “Debemos decir que una vida media larga es inversamente proporcional a la intensidad de la radiación. Una fuente radiactiva cuya emisión es muy rápida, tiene vida media corta y decae rápido. El plutonio, con 24.000 años, es de emisión de baja intensidad. Del mismo modo, el uranio tiene una vida media casi igual a la edad del Universo, por eso existe en la Naturaleza desde que se formó en las estrellas y, dependiendo de la cantidad de kilos que uno almacene, emite muy poco. Yo estimo que éste es un tema que va a tener solución”.

“Si bien la preocupación por el plutonio es válida, las imputaciones verdes, de que la energía nuclear está afectada por operaciones secretas riesgosas, pactos de silencio,



Mario Mariscotti

CENTRALES ARGENTINAS



La unidad 1 de Fukushima, que data del 1971 (las restantes son levemente más modernas), iba a cerrar este año, dado que las centrales nucleares tienen una vida útil de entre 30 y 40 años. Sin embargo, hay un movimiento mundial de extensión de la vida de las centrales de manera confiable: es el caso de nuestra central de Embalse Río Tercero (Provincia de Córdoba). “Atucha es de 1974 y está en el límite pero funciona muy bien y quizás pueda ser extendida como Embalse”, opina Mariscotti. Por otro lado, un monitoreo de la futura Atucha II, que tiene un diseño anterior a Chernobyl, entre la Autoridad Regulatoria Nuclear y los organismos nucleares internacionales, ha dictaminado que la empresa que la gerenciará, Nucleoeléctrica Argentina S.A, debe hacer actualizaciones de su diseño para que pueda ser operativa en los estándares requeridos. Sobre las novedades en seguridad, Mariscotti ejemplifica: “el reactor argentino de investigación Carem tiene refrigeración por convección natural: una innovación de seguridad muy importante dado que no necesita electricidad para ese fin. En algunos de los nuevos diseños de reactores de potencia se intenta implementar la misma estrategia”.

Fuente: Proyecto CAREM. CONEA

complots, mutaciones, malformaciones y subestimación del número de muertes en Chrenobyl, Three Mile Island y probablemente ahora en Fukushima, son inválidas”, dice Mariscotti, y agrega: “En Japón, el terremoto mató 24.000 personas, pero en Fukushima el mayor daño nuclear fue la evacuación de 100.000 personas más la preocupación por la contaminación”. Mariscotti concluye: “En una perspectiva histórica, desde la primera central rusa de 1954 hasta la actualidad, los diseños mejoraron notablemente: hoy en día ya se habla de tercera y cuarta generación en lo que a diseño de reactores se refiere”.

Mientras los tecnólogos japoneses medían valores de radiactividad inferiores a las de una radiografía por mes de permanencia, los científicos aplicados estudiaban las estrategias de enfriamiento del reactor y los médicos amortiguaban el impacto en la salud de la población; un funcionario nuclear europeo hablaba irresponsablemente de Apocalipsis, la televisión emulaba reactores con pavas hirviendo, las corporaciones promocionaban sus futuros negocios reconstructivos y algunos filósofos postulaban que la falla de la central se debió a una (i)racionalidad humana proveniente de la ciencia; la cita de Alan Sokal: “Cuatrocientos años después, tristemente, parece evidente que esta revolucionaria transición desde el dogmatismo a la visión del mundo basada en la evidencia está muy lejos de ser completa”, parece ser la mejor síntesis sobre el núcleo central de Fukushima. | ㊦

Estadísticas y salud

Diga 33 (por ciento)

por Cecilia Draghi | cdraghi@de.fcen.uba.ar

Puede parecer una disciplina que poco tiene que ver con la vida cotidiana. Sin embargo, está presente seguramente en el botiquín de medicamentos y en parte de las terapias médicas. Cuáles son los aportes y los límites de las estadísticas cuando se aplican, en particular, a temas relacionados con la salud humana.

Aunque no la veamos, la estadística siempre está. Cualquier mortal contemporáneo forma parte de ella, es que queda registrado desde que nace hasta su muerte. Y, si en el medio de la vida, la persona padece alguna enfermedad, seguramente sea sometido a tratamientos que han sorteado pruebas donde la herramienta estadística posiblemente estuvo presente. El mundo científico toma en cuenta sus resultados y la medicina no escapa a ello.

Es más, algunos de sus especialistas buscan adentrarse aún más en esta disciplina

Ejemplo de ello son los profesionales que cursan la Carrera de Especialización en Estadística para Ciencias de la Salud, en el Instituto de Cálculo en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. “Este posgrado da herramientas a los investigadores que trabajan en el área de salud para que puedan

diseñar sus estudios, hacer los primeros análisis e interpretar sus resultados. Esencialmente, la idea es que estos profesionales puedan discutir o interrelacionarse con un valor estadístico sin tener que creerle a ciegas”, precisa Liliana Orellana, directora de la carrera y doctorada en Bioestadística en la Universidad de Harvard, Estados Unidos. La formación también apunta a desarrollar el espíritu crítico para abordar el aspecto metodológico de las publicacio-

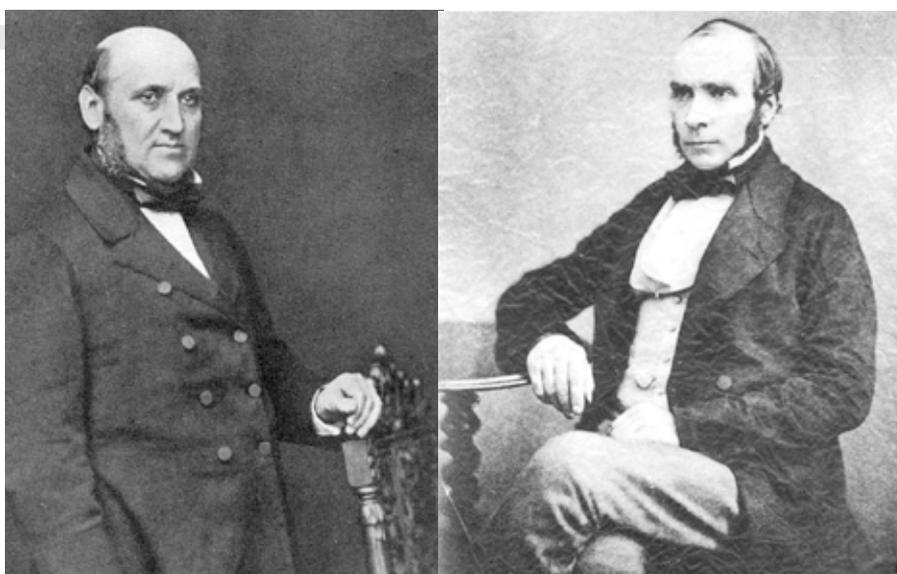


nes científicas o *papers* en el área de salud, porque “se suele creer como verdad revelada el análisis estadístico que aparece en los *papers* y, a veces, éste no es correcto, por lo que las conclusiones del estudio pueden ser incorrectas”, añade.

Si se mira hacia atrás, la relación entre la estadística y la medicina tiene su historia. “En los últimos cuarenta años, la investigación médica se ha involucrado profundamente con las técnicas de inferencia estadística. Los trabajos publicados en revistas médicas están llenos de jerga estadística y los resultados, de cálculos estadísticos”, indica Martin Bland en su libro *Una introducción a la estadística médica*, aunque cree que en ocasiones se ha ido demasiado lejos. “Más de una vez, le he dicho a un colega que no me necesitaba para demostrar que existía una diferencia, ya que cualquiera podía verla, a esto me ha respondido que sin la magia del valor de P (valor estadístico que indica si un resultado tiene significación causal o es pura casualidad) no podría haber publicado su investigación”.

La estadística no brinda la matriz a la investigación médica, sino que, según remarca Orellana, “ofrece un soporte metodológico, acompaña. Es una más de las partes puestas en juego en el proceso de investigación. Decir la matriz es como afirmar que sin la estadística no se puede investigar, y la verdad es que, en algunos de los grandes descubrimientos de la historia de la medicina, no hizo falta. Por ejemplo, no hubo ningún ensayo clínico para demostrar la eficacia de la penicilina, dado que resultaba efectiva en casi todos los que se la aplicaba”.

El hallazgo de Alexander Fleming, a fines de 1920, fue un hito. Pero hoy la ciencia de la salud hace historia de otro modo. “Ahora queremos mostrar, por ejemplo, que una droga puede ser mejor que otra, aunque sea por una diferencia muy pequeña”, enfatiza Orellana. Así, se busca saber si un fármaco previene la muerte en un 5 por ciento de los pacientes. A simple vista puede parecer un porcentaje menor,



Los médicos William Farr y John Snow, pioneros en el uso de las estadísticas en tiempos en que el cólera afectaba a Londres, a mediados del siglo XIX.

según destaca, pero en enfermedades que afectan a millones de personas, equivale a salvar muchas vidas.

A veces, los complejos estudios que cuentan con la herramienta estadística no prueban el éxito de una medicación, sino que se hallan en un paso previo. Tal es el caso de una mega-investigación, en la que participaron 26 laboratorios de 16 países (Argentina, Brasil, Colombia, Estados Unidos, Holanda, entre otros), coordinada por Alejandro Schijman, del Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular (INGEBI), dependiente del Conicet:

El pedido vino de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2007: se buscaba consensuar una prueba estándar molecular para detectar en sangre al *Trypanosoma cruzi*, el parásito del mal de Chagas, de modo que fuera posible evaluar la respuesta del paciente a nuevos tratamientos. “El problema era que distintos laboratorios tenían sus propios métodos, lo que hacía que no se pudieran comparar los resultados”, plantea Schijman.

Diseñar el estudio fue una tarea minuciosa que requirió numerosos encuentros con Orellana y otra investigadora del Instituto de Cálculo, Mariela Sued. Es que si se planifica mal, los resultados no servirán de nada, según coinciden. “Cuántas veces y cómo se va a medir, cómo asegurar que medimos lo que pretendemos y no otra cosa, cómo determinar que todos manejan las mismas definiciones operativas”, enumera Orellana como cuestiones a establecer desde el principio. “Durante la etapa de planificación es cuando se deben prever y solucionar los problemas que, si no, se van

a detectar *post mortem* —sonríe—, es decir, cuando está todo el estudio hecho”.

Acordada la estrategia a seguir, los investigadores enviaron por correo desde Buenos Aires a distintos puntos del mundo, los diversos materiales biológicos a analizar. “El equipo estadístico diseñó una base de datos para que los laboratorios informaran a medida que tuvieran los resultados. Ese informe pasaba automáticamente a planillas y permitió elegir qué laboratorio trabajaba mejor”, puntualiza Schijman. De los 48 métodos reunidos, cuatro fueron considerados los más adecuados, según los parámetros fijados.

Tras esta selección, dieciocho biólogos moleculares de todo el mundo fueron invitados a compartir una semana de un taller de trabajo en los laboratorios porteños del INGBI. Allí, usando el mismo equipamiento e iguales condiciones de trabajo, los especialistas pusieron a prueba los cuatro métodos hasta consensuar un procedimiento estándar que pueda adecuarse a la realidad de infraestructura de la mayoría de los laboratorios y que cumpliera con los objetivos propuestos. ¿Cómo fue el encuentro? “Fantástico. Fue posible reunir personas que en otro momento eran competidores. Cada uno, cuando publicaba su método, buscaba siempre hacerlo primero; aquí los pudimos juntar y ponernos de acuerdo”, resalta Schijman.

El procedimiento acordado es el que hoy recomienda la OMS. “Este año —dice Schijman— se lanzan varios ensayos clínicos con nuevos medicamentos para el Chagas”. Este método permitirá evaluar la respuesta de los pacientes a los tratamientos a probar.



LA MIRADA DE CEREJIDO

El aporte de la estadística a la medicina fue una de las consultas planteadas al doctor Marcelino Cerejido, médico graduado en la UBA con la mejor tesis doctoral de su promoción, posdoctorado en Harvard y miembro –entre otras–, de la American Society for Cell Biology, la American Society of Physiology y la Academia de Medicina de México, donde hoy reside. A continuación, su respuesta.

Los biólogos experimentales escogemos cuidadosamente la homogeneidad de nuestros “sujetos de estudio”. Por ejemplo, si quiero estudiar el efecto de la ouabaína sobre las células, tomo un lote de células MDCK a las que dejo como control, y otro lote de las mismísimas MDCK que trato con ouabaína. Si llego a observar alguna diferencia, uso estadística para que me diga cuál es la probabilidad de que esa diferencia no se deba a la ouabaína, sino que haya ocurrido de chiripa o por alguna razón ignota. Si al publicar mis resultados escribo por ejemplo $p < 0.001$, el lector entenderá que, si hago mil veces el mismo experimento, pero con dos lotes control (es decir, no trato a ninguno de los dos con ouabaína) puedo observar una vez ese mismo resultado, pero producido por el azar. Por supuesto, si la diferencia entre el lote control y el tratado con ouabaína es muy grande, voy a tener que hacer 100 mil ó 500 mil veces el experimento para esperar que se dé una diferencia así de pura casualidad.

En clínica la cosa es distinta, porque tengo que tomar pacientes flacos/gordos, mujeres/varones, jóvenes/viejos, suizos/japoneses. Si bien tiendo a escoger poblaciones homogéneas, no siempre puedo evitar tratar a quien venga. Por supuesto, si quiero ver el efecto de los estrógenos en mujeres, voy a ser cuidadoso y no comparar nenas de 4 años con viejitas de 79, es decir, dentro de lo posible, trato de que mis poblaciones sean lo más homogéneas posible. Hubo metidas de pata históricas. Por ejemplo, Leo Buerger describió el síndrome que hoy lleva su nombre (también llamado de “miradores de vidrieras” o “claudicación intermitente”, pero más formalmente “endoangeitis obliterante”) y señaló que se observa en sujetos del sexo masculino, adultos, fumadores y judíos. Sus colegas pronto empezaron a observarlo en mujeres, viejitos, etc. Hasta que alguien señaló que Buerger era médico de la sala de hombres de un hospital judío ¿Qué otra cosa hubiera podido observar que judíos del sexo masculino? Es como si el Dr. Alois Alzheimer hubiera afirmado que el síndrome que hoy lleva su nombre sólo se da en alemanes. ¿Qué otra nacionalidad hubiera predominado en el consultorio de un médico en plena Alemania?

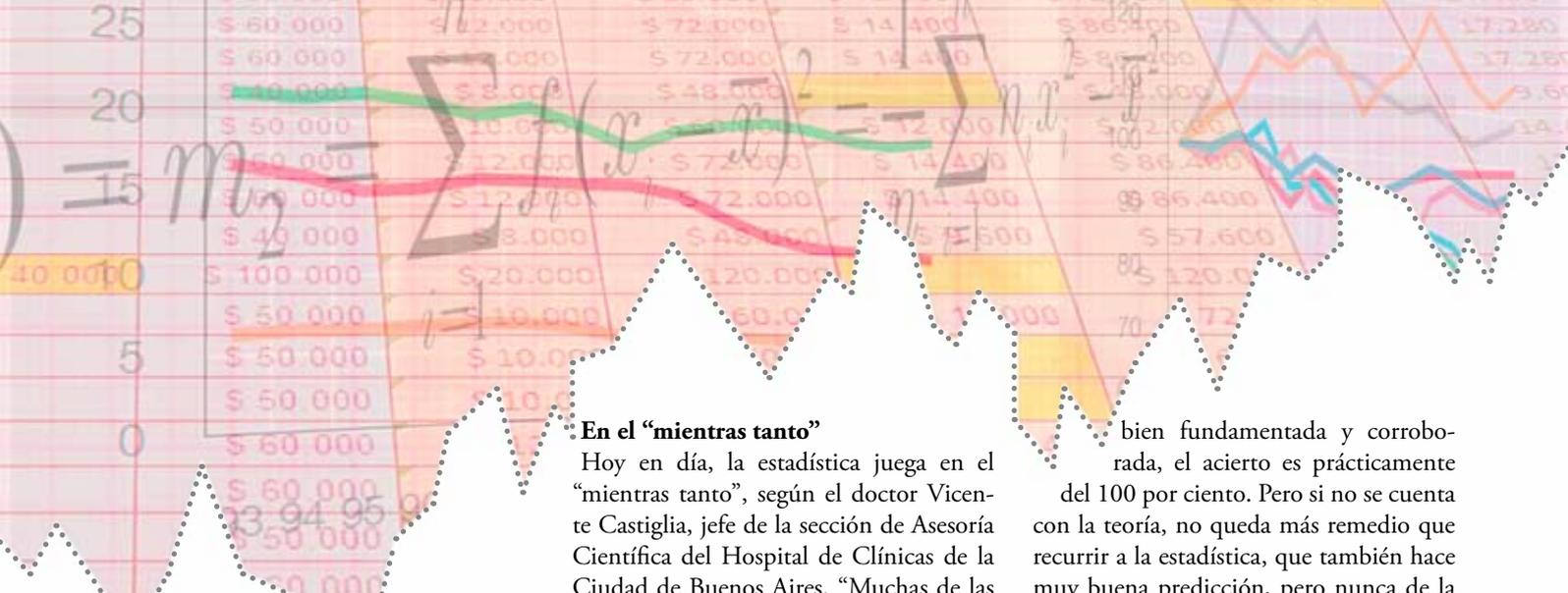
Pero hay una razón más profunda para usar estadística. El esencialismo pregunta por ejemplo ¿cuál es la esencia de un cuadrilátero? y la respuesta es: “Tener 4 lados”. Es decir, no hay cuadriláteros de 3,0 ó 4,02 lados, pues el primero cae en la esencia de los triángulos y el segundo de los pentágonos. Antiguamente se preguntaba también ¿cuál es la esencia del mexicano? y se respondía: “Medir 1.70 m, pesar 68 kg, ser morocho, nariz recta, etc.”, o “¿Cuál es la medida de una nariz normal?”. Darwin mostró que en biología no se puede aplicar el esencialismo, pues tener un poco menos de cabello, ser orejudo o narigón no son desvíos anormales de un tipo esencial, sino que la población es así. En resumen, en biología somos “Poblacionistas” y no “Esencialistas”. Luego, para demostrar alguna diferencia entre dos poblaciones, no tenemos más remedio que recurrir a las estadísticas. Pero aun así, hay que ser extremadamente cuidadosos con las conclusiones y las extrapolaciones. Por ejemplo, si digo que 9 de cada 10 personas mueren en la cama, no se puede concluir que ante un enfermo grave es aconsejable ponerlo de pie porque así aumenta 10 veces su posibilidad de salvarse.

En los tiempos del cólera

En la actualidad, el uso de estadística en salud es habitual, pero es necesario remontarse a los tiempos del cólera para hallar a algunos pioneros, como los médicos William Farr y John Snow. Ambos vivieron a mediados del siglo XIX, cuando Londres era abatida por esa enfermedad, pero estaban originalmente en las antípodas respecto de la causa de transmisión de la peste.

Farr, a cargo del registro de nacimientos y defunciones, adhería a la teoría miasmática –en boga por entonces–, para la cual el conjunto de emanaciones fétidas –miasmas– eran la fuente del mal. Él buscó material para avalar su hipótesis, y lo encontró: en zonas más bajas, donde estos peligrosos vapores hacían de las suyas, era más alta la tasa de mortalidad. Snow disintió. Para este reconocido anestesiólogo, que tuvo entre sus pacientes a la Reina Victoria, el cólera se escurría por las aguas contaminadas.

Con un Támesis polucionado por la Revolución Industrial, distintas empresas tenían a su cargo la provisión de agua. Una de ellas, Lambeth Company, movió el lugar de la toma hacia un sitio menos contaminado en relación con los lugares de donde extraían las otras proveedoras. Lambeth no lo hizo por razones de salubridad, sino por cuestiones técnicas. Este cambio le daba a Snow una pista para probar su idea. Entonces, visitó casa por casa y tomó nota del número de muertos por cólera así como de la empresa que los abastecía del vital-mortal líquido. “Su evi-



...dencia fue tan sólida, que llevó a Farr, que estaba a cargo del Registro General, a inquirir cuál era la compañía de agua en cada distrito al sur de Londres donde se registrara un muerto por cólera”, puntualiza Leon Gordis en su libro *Epidemiology*, sin dejar de resaltar que en ese entonces no se conocía la bacteria *Vibrio cholerae*, la causa del mal.

Aún faltaban algunas décadas para que Robert Koch aislara y cultivara el *Vibrio cholerae*, la “materia mórbida” a la que Snow se refería recurrentemente; sin embargo, el inhabilitar la bomba del agua contaminada en Londres permitió constatar que la incidencia del cólera disminuía. En otras palabras, sin saber en detalle los mecanismos patógenos, se podía tomar alguna medida preventiva como consecuencia de ese estudio pionero en la epidemiología.

En el “mientras tanto”

Hoy en día, la estadística juega en el “mientras tanto”, según el doctor Vicente Castiglia, jefe de la sección de Asesoría Científica del Hospital de Clínicas de la Ciudad de Buenos Aires. “Muchas de las decisiones que se toman en la actualidad están fundadas en datos estadísticos, por ejemplo, cuando se hace un ensayo clínico y se ponen a prueba distintos tratamientos: si la proporción de pacientes que responden a uno de ellos (A) es mayor al otro (B), bajo estas circunstancias, se prefiere el tratamiento A sobre el B. Es un dato estadístico. No se conoce el mecanismo, pero se sabe que el resultado es mejor”, precisa Castiglia, desde su despacho, rodeado de bibliotecas. “En el trabajo cotidiano la estadística es muy importante porque falta conocimiento de la fisiopatología. Más de una vez se toman decisiones con una fundamentación estadística y no fisiopatológica”, asegura.

Pero, según advierte Castiglia, si bien la estadística puede resultar útil mientras se desconoce el por qué de un fenómeno, nunca hay que dejar de buscar la causa de la enfermedad. “Cuando se utilizan conceptos fisiopatológicos, si la teoría ha sido

bien fundamentada y corroborada, el acierto es prácticamente del 100 por ciento. Pero si no se cuenta con la teoría, no queda más remedio que recurrir a la estadística, que también hace muy buena predicción, pero nunca de la misma calidad”, subraya.

A modo de ejemplo invita a imaginar un viaje fuera de la medicina, más precisamente ir de Buenos Aires a Mar del Plata, separadas por 404 kilómetros de distancia, que si se recorre a 100 kilómetros por hora, demorará 4 horas y un minuto. “Aquí hay una teoría que explica cómo funciona esto y lo hace con máxima precisión”, enfatiza. En tanto, si se utilizan métodos estadísticos, algunos resultados dirán que el 70% llega a destino luego de cinco horas, mientras que a un 15% le lleva 6 horas, entre otras probabilidades.

“Hasta que no encontremos la teoría que explique determinadas cosas, deberemos conformarnos con la estadística. Es el sustituto que tenemos en este momento, lo cual no es poco, porque es una excelente herramienta para establecer regularidades”, indica Castiglia.

Ahora bien, ¿qué proporciona la medicina a la estadística? Sin duda, aporta el problema a resolver. Responder con las mejores herramientas estadísticas los planteos de la vida real es un desafío permanente, así como formar a los profesionales que se dedican a ello. ¿Vale la pena la estadística?, es un interrogante que suelen hacerle a Bland los alumnos, agobiados por números y fórmulas. Convencido de que las malas estadísticas conducen a malas investigaciones, asegura: “No sólo brindan resultados erróneos, que pueden llevar a que las buenas terapias sean abandonadas y las malas, aprobadas; sino que también significa que los pacientes pueden haber estado expuestos, sin una buena razón, a nuevos tratamientos potencialmente peligrosos”. Por eso considera que todo el conocimiento que se pueda adquirir sobre esta materia es de suma utilidad en la formación de un médico. \square

Archivo CePro



EN CARRERA

“En la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires hay dos carreras de posgrado en estadística. Una es de estadística matemática y la otra es de estadística para ciencias de la salud de dos años de duración”, precisa Liliana Orellana, directora del posgrado en salud. Detalles: <http://www.ic.fcen.uba.ar/posgrado.html>.

Epigenética

Genes que se encienden, genes que se apagan

por Susana Gallardo | sgallardo@de.fcen.uba.ar
Fotos: Diana Martinez Llaser

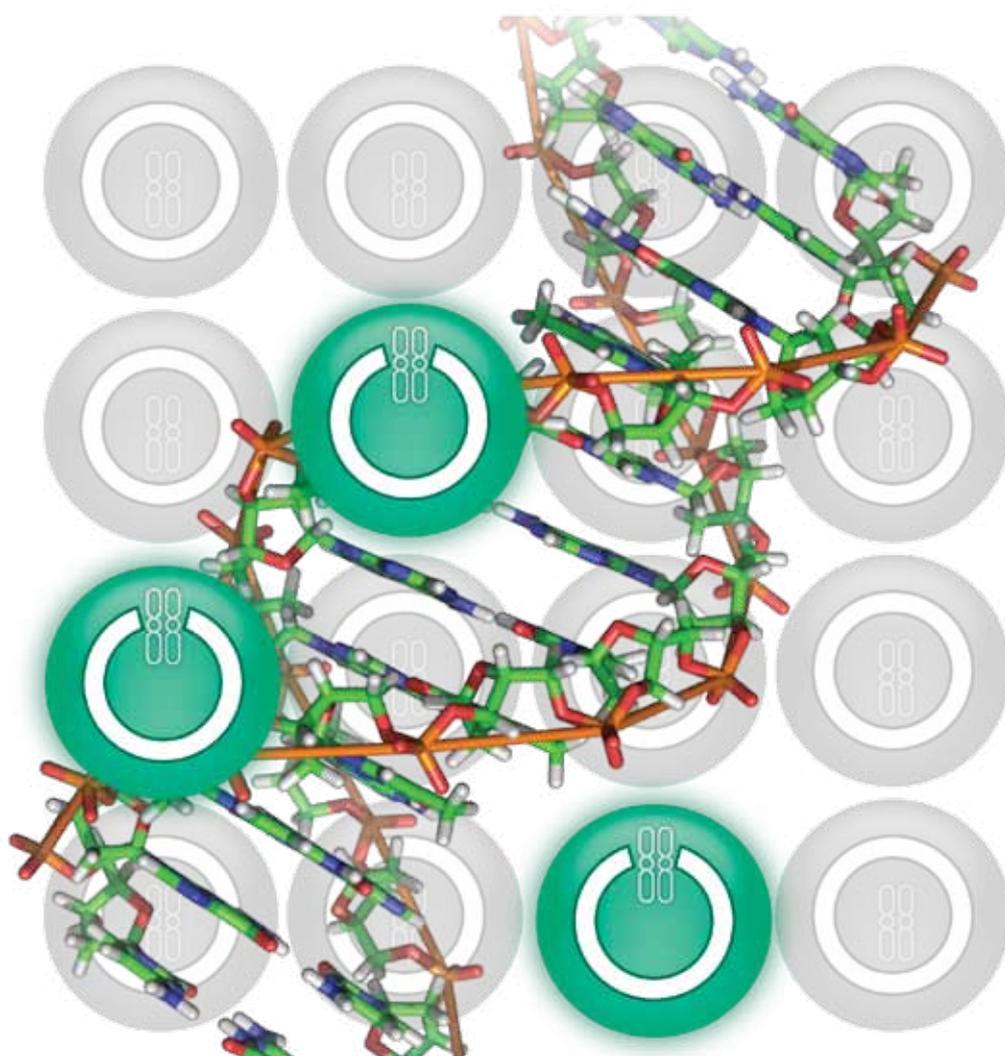
Nuestros genes no nos condenan, ni nos salvan. De hecho, si no están activos, es como si no estuvieran. Diversos factores los regulan, encendiéndolos o apagándolos. Algunos de esos factores son ambientales. Actualmente, numerosos grupos de investigación están estudiando en el material genético las huellas químicas de esas modificaciones. Lo interesante es que podrían ser heredables.

¿Nuestro destino está escrito en los genes? ¿Qué rol juega el ambiente en lo que somos? Nadie tiene una respuesta definitiva a estos interrogantes, pero hay un campo del conocimiento que puede indagar el vínculo entre la genética y otros factores, como por ejemplo, las condiciones del entorno.

Se trata de la epigenética, término que significa “por encima de los genes” y que fue acuñado en 1942 por el paleontólogo y genetista escocés Conrad Hal Waddington para designar el estudio de las interacciones entre el genotipo y el fenotipo, es decir, entre la información codificada en los genes y aquella que efectivamente se expresa. El objeto de análisis son las modificaciones en la expresión de los genes, y una de las fuentes de cambio es el factor ambiental.

“Cuando hablamos de epigenética nos referimos a ciertos cambios en el material genético, que no afectan la secuencia de los genes, y que pueden ser originados por señales externas, por ejemplo, en las plantas, las temperaturas extremas o la falta de agua; en los animales, también pueden deberse a factores emocionales”, explica el doctor Norberto Iusem, profesor en el Departamento de Fisiología y Biología Molecular y Celular, e Instituto IFIByNE de UBA-Conicet. Son marcas químicas, que no constituyen mutaciones y pueden influir en la expresión de los genes.

Hoy la epigenética es un área muy activa de investigación y cuenta no sólo con revistas específicas sino también con un programa de investigación, denominado Proyecto



Epigenoma Humano, que reúne a diversas entidades públicas y privadas que buscan identificar y catalogar las posiciones variables de determinados cambios químicos en el genoma humano, con el fin de construir un mapa completo del epigenoma. Claro, mientras que genoma hay uno solo, epigenomas hay muchos. En gemelos adultos se vio que, aunque tengan el mismo genoma, sus epigenomas son diferentes.

El hecho es que los genes, mientras no estén activados, es como si no estuvieran. Entonces, nuestro ADN no nos condena; conocer la secuencia genética no implica tener acceso al conocimiento del propio destino.

Se ha dicho que, si la genética es el alfabeto de la vida, la epigenética es su gramática. Lo que se busca es conocer cómo se regula el encendido y apagado de los genes. Una forma es rastrear las huellas químicas de las modificaciones, por ejemplo, indagar el cambio químico en la cromatina, que es el conjunto formado por el ADN y diversas proteínas entre las cuales se encuentran las histonas.

Sin embargo, lo que parece atraer mayor interés es la posibilidad de que esos cambios puedan pasar a la descendencia. Si así fuera, podría afirmarse que Lamarck no estaba tan equivocado cuando postuló la herencia de los caracteres adquiridos.

Ratonas maternas

¿Puede el mayor o menor cariño materno dejar huellas en el ADN de manera tal que el efecto pase a los hijos? Esta es la pregunta que se hizo Michael Meaney, investigador del Instituto de Salud Mental de la Universidad McGill, de Montreal, Canadá, quien decidió poner a prueba su hipótesis en un experimento con ratones. Se propuso demostrar que el cuidado materno puede modificar el desarrollo cognitivo de las crías y también la capacidad para hacer frente a situaciones de estrés. En particular, indagó los mecanismos moleculares a través de los cuales se modifica la expresión en el cerebro de genes vinculados a la regulación de la respuesta endocrina al estrés.

En el experimento participaron dos grupos de hembras de ratón: unas eran muy maternales, y las otras, menos afectuosas (aunque no se sabe por qué se comportaban de

ese modo). Las crías de cada grupo fueron colocadas con sus respectivas madres, y luego fueron intercambiadas. El resultado fue que todos los ratones que se criaron con hembras “menos cariñosas”, ya fueran sus madres biológicas o no, exhibían las mismas modificaciones en el ADN del cerebro y se mostraban más vulnerables ante una situación de estrés. Las diferencias no eran genéticas, sino epigenéticas.

En consecuencia, los investigadores estudiaron qué cambios químicos se producían en un gen, el del receptor de glucocorticoides, relacionado con la respuesta al estrés. Y constataron que ese gen se apagaba en los bebés de ratón que no habían sido acariciados por sus madres, ya fueran éstos hijos legítimos o “adoptivos”, según afirmó Meaney en 2004, en *Nature Neuroscience*.

LA TOLERANCIA DEL TOMATE



En la planta del tomate, la falta de agua parece estimular el encendido de un gen que confiere tolerancia frente al estrés generado por la sequía. “Ante una situación de estrés ambiental, por ejemplo, bajas temperaturas, alta salinidad o falta de agua, se producen ciertos cambios químicos en un gen favoreciendo su expresión”, relata Rodrigo González, becario doctoral del Conicet en el IFIByNE, bajo la dirección de Iusem. Estos genes codifican para la producción de proteínas que, en condiciones extremas, contribuyen a que las células vegetales sigan cumpliendo sus funciones vitales.

Para confirmar si el aumento en la expresión del gen tenía relación con modificaciones epigenéticas ante una situación de estrés, los investigadores sometieron a las plantas de tomate a una prueba de desecamiento (ver foto).

“Cuando las hojas empezaban a perder turgencia, las cortamos, extrajimos el ADN y estudiamos las marcas de metilación”, relata González. Se hizo lo mismo con plantas que no fueron sometidas a estrés, que sirvieron como control. Las plantas que sufrieron la falta de agua mostraron distintas marcas epigenéticas vinculadas al aumento en la expresión del gen que confiere la tolerancia a desecación.

“En algunos sitios del gen encontramos metilación de las citosinas, y en otros, desmetilación, pero en todos los casos hubo un aumento de la expresión, de hasta 36 veces más”, asegura González, y agrega: “la mayor expresión del gen posiblemente contribuya a que las células de las hojas de la planta, ante la falta de agua, no colapsen por desecación y puedan seguir cumpliendo con su función”.

Estos conocimientos podrían aplicarse para incrementar la tolerancia de las plantas a determinadas condiciones adversas, no ya modificando las secuencias génicas, sino manipulando el nivel de expresión de determinados genes.



Norberto Iusem y Rodrigo González, investigadores de IFIByNE (FCEyN).

“El experimento es muy acotado y, si bien hay una evidencia clara de los cambios epigenéticos, la conclusión es válida sólo para el gen estudiado, y no significa que lo mismo suceda en todos los casos”, apunta el doctor Ignacio Schor, del Departamento FBMC e Instituto IFIByNE, UBA-Conicet.

En analogía con la informática, la genética podría compararse con el hardware, y la epigenética, con el software, pues, al igual que un programa, les indica a los genes cómo comportarse. Así, es tentador pensar que el cariño que se recibe en la infancia deja huellas en el software, acallando o activando nuestros genes. Sin embargo, esas especulaciones nunca fueron confirmadas.

Encendido y apagado

“Aunque estrictamente cualquier factor aparte de la secuencia de ADN que influya en la función del genoma sería epigenético, actualmente el término se tiende a aplicar, casi exclusivamente, a las modificaciones en el ADN o en las proteínas que lo acompañan, las histonas”, define Schor. Son cambios químicos en las moléculas; uno de ellos es la metilación, que es el agregado de un grupo metilo (molécula formada por tres átomos de hidrógeno unidos a un carbono) a ciertas bases del ADN, en particular, la citosina (C) cuando se encuentra situada en forma previa y contigua a una guanina (G).

La desmetilación, por el contrario, es la remoción o pérdida de ese grupo químico. En el ADN hay zonas regulatorias de

los genes que son muy ricas en secuencias CG. En ellas, principalmente, es donde se produce la metilación. “Se sabe que algunas marcas favorecen la transcripción del ADN, y otras la reprimen”, explica. La metilación del ADN se asocia normalmente con el silenciamiento de los genes, y la desmetilación, con la activación.

En las histonas, se puede producir la acetilación, o agregado de un grupo acetilo. Esta modificación facilita la expresión de los genes, pues vuelve a la cromatina menos compacta, permitiendo que los factores de transcripción accedan al ADN a fin de copiar la secuencia genética para la fabricación de proteínas.

Pero, como en el problema del huevo y la gallina, no se sabe con certeza si las marcas en las histonas se deben a que el gen está activo, o si el gen está activo debido a la presencia de esas marcas. Lo cierto es que hay cambios que ayudan a que el gen se active, pero, a la vez, la activación del gen ayuda a que esos cambios se establezcan.

Las marcas epigenéticas cumplen un papel clave en el desarrollo del embrión. En efecto, mientras que casi todas las células de un organismo tienen el mismo genoma, los genes que se expresen serán diferentes en las distintas etapas del desarrollo. Muchos de ellos están gobernados por factores epigenéticos que favorecen o impiden la expresión. Así, durante el desarrollo embrionario se producen “oleadas”

de metilación y desmetilación, es decir, de encendido y apagado de genes.

En tal sentido, las células totipotenciales, que pueden dar lugar a cualquier tejido del organismo, tienen una cromatina muy permisiva y, a medida que la célula se va diferenciando, se establecen diferentes marcas en la cromatina que la hacen más o menos permisiva según el tejido de que se trate. Por ejemplo, las marcas en el linaje neuronal son diferentes de las que se instalan en las células del hígado o de la sangre, por nombrar algunos tejidos.

La marca epigenética más importante, y más estable, en el desarrollo temprano es la metilación del ADN. Y no hay evidencias de que esté regulada por estímulos externos. El hecho de que las células maduras tengan marcas estables hace que sea complicado utilizar sus núcleos para obtener células tempranas clonadas. Cuando se extrae un núcleo de una célula adulta y se lo coloca en el interior de un óvulo (previa eliminación del ADN de éste), ese núcleo difícilmente pueda prosperar. Si bien la información genética está completa, está acotada por la epigenética, y resulta necesario reprogramar, borrar la historia. “El campo más excitante de la epigenética es el de las células madre y la clonación”, se entusiasma Schor.

En cuanto al tratamiento de enfermedades, ya se están probando algunas drogas antitumorales que cambian las marcas epigenéticas, por ejemplo, inhiben las enzimas que quitan los grupos acetilos, es decir, favorecen la acetilación.

El problema es que esas drogas afectan a todo el genoma, no se dirigen a un tejido en particular, ni a un gen específico. En consecuencia, pueden modificar la acetilación en todos los genes. “Es un territorio para explorar”, propone Schor.

Si bien se han estudiado las marcas epigenéticas en el segmento regulador de los genes (denominado “promotor”), poco se sabe sobre qué sucede en el interior del gen. Pero en los últimos años se descubrió que ciertos cambios químicos dentro del gen ayudan a un paso posterior de la transcripción, que es el procesamiento del ADN. Por ejemplo, hay marcas que contribuyen al proceso denominado *splicing alternativo*, que consiste en el cortado y rearmado de los segmentos que conforman un gen de modo de que pueda dar lugar a proteínas diferentes.

“En un trabajo en células neuronales –explica Schor–, vimos que las marcas epigenéticas dentro de un gen determinado afectaban el splicing alternativo. Es decir, hacían que, en respuesta a ciertos estímulos, se fabrique un tipo de proteína u otro”.

En las plantas

Las plantas ofrecen un buen terreno para el estudio de la epigenética, porque pueden adaptarse a los cambios ambientales en una única generación. En realidad, la adaptación al entorno es una estrategia de supervivencia, pues no pueden moverse para buscar alimento o un ámbito más amigable.

En las plantas, hay patrones de metilación en el ADN diferentes a los de animales, por ejemplo, puede ocurrir en C aisladas, es decir no necesariamente vecinas a G, y además no siempre asociada con el silenciamiento de los genes

Asimismo, en las plantas es más fácil indagar si esas marcas son heredables. En efecto, en ellas, las células germinales aparecen tardíamente en el desarrollo, de hecho, las flores surgen cuando la planta ya es adulta. “De este modo, los cambios epigenéticos aparecidos en las células somáticas del individuo adulto antes de la floración, podrían pasar a las nuevas células germinales y así ser transferidos a la descendencia”, comenta el doctor Iusem. En los animales, en cambio, esas modificaciones se producen cuando las células reproductoras (gametas) ya están formadas, por lo cual es más difícil que puedan heredarse.

Más allá de la heredabilidad a nivel celular y de los organismos, se busca desentrañar los mecanismos de adaptación ante situaciones de estrés. Por ejemplo, ante la falta de agua, en el interior de las células de una planta se pone en movimiento una compleja maquinaria en la que participan numerosas proteínas responsables de conferir resistencia a la desecación (Ver “La tolerancia del tomate”).

Hasta ahora se desconoce el sensor biológico primario del estímulo externo que provoca indirectamente un cambio químico en el núcleo de la célula. Puede ser que “alguna enzima cambie su conformación y por ende su nivel de actividad, debido, por ejemplo, al estrés por desecación”, explica Iusem, cuyo equipo de investigación estudia, desde hace años, la planta de tomate y, actualmente, Arabidopsis.



Nicolás Frankel. Investigador del EGE (FCEyN).

“La regulación de la expresión por marcas epigenéticas le da mucha plasticidad a los organismos, pues les permite adaptarse con rapidez a condiciones desfavorables, en comparación con los cambios en la secuencia genética, que requieren de varias generaciones y están sujetos a la selección natural”, reflexiona Rodrigo González, becario doctoral del Conicet en el IFIBYNE. Si estos cambios fueran heredables, algo todavía poco explorado, permitirían que no sólo el propio individuo sino también su descendiente directo pueda adaptarse mejor y más rápidamente al entorno.

“Esta posibilidad de adaptación que brindan los cambios epigenéticos resulta especialmente interesante en las plantas, que están condenadas a desarrollarse en el lugar donde cayó la semilla, a diferencia de los animales, que pueden trasladarse en busca de condiciones mejores”, señala González.

Tradicionalmente se pensaba que algunos comportamientos se transmitían de padres a hijos a través de los genes. Actualmente, se prefiere asignar la responsabilidad a la epigenética. Sin embargo, todavía no hay pruebas contundentes de ello.

¿Lamarck tenía razón? Para Ignacio Schor, “las marcas epigenéticas, en general, no son muy estables, por lo que es difícil que pasen a la descendencia”. Y prosigue: “Al menos en lo que refiere a los animales, seguimos sin que exista la herencia de los caracteres adquiridos”.

“Hoy la epigenética es uno de los campos más calientes”, sentencia el doctor Nicolás Frankel, recién incorporado al Departamento de Ecología Genética y Evolución, de la FCEyN. “Esa explosión tal vez se deba al avance técnico que permitió profundizar en cambios moleculares que antes no podían analizarse”, razona.

Por ejemplo, la técnica de inmunoprecipitación de cromatina permite “ver” las modificaciones epigenéticas. “Se utiliza un anticuerpo que reconoce a una histona con una modificación y, en combinación con la secuenciación masiva, es posible identificar ese cambio químico en todas las regiones del genoma”, explica Frankel.

De este modo, ciertos avances en ciencia básica estarían anticipados por adelantos técnicos. Nuevas técnicas inspiran nuevas preguntas a los investigadores. “Siempre creí que lo primero era tener una pregunta biológica, pero muchas veces uno se frustra al no contar con las herramientas para responderla. Entonces, uno hace al revés, con las herramientas de que dispone, se pregunta qué puede hacer”, relata Frankel.

Tal vez los laboratorios que producen reactivos para la experimentación, y publicitan en las principales revistas científicas, estén, de algún modo, orientando la investigación hacia la epigenética. Pero, más allá de ello, el campo es interesante y prometedor. Por el momento, abre numerosos interrogantes. |

Programa *Exactas con la Sociedad*

De cara a la realidad

por Gabriel Stekolschik | gstekol@de.fcen.uba.ar

A partir del año 2005, la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales implementó un subsidio destinado a los proyectos de sus docentes, alumnos y graduados interesados en intervenir y resolver problemas concretos de la sociedad. Desde el estudio de la calidad del agua en poblaciones santiagueñas hasta educación ambiental en el Delta, pasando por alfabetización informática en la Villa 31, las propuestas son variadas y apuntan a problemáticas presentes en diversas regiones de nuestro país.





Fotos páginas 22 y 23: Proyecto dirigido por Sara Maldonado que busca capacitar y formar en agroecología a jóvenes campesinos provenientes de distintos rincones de la provincia de Santiago del Estero (gentileza de Agustín Sanguinetti).

Es bien sabido que en la Universidad de Buenos Aires (UBA) se enseña y se investiga. Pero, tal vez, es mucho menos conocido el hecho de que el Estatuto de la UBA prescribe que, además de la docencia y la investigación, la Universidad tiene una tercera misión –tan importante como las anteriores– que se denomina “extensión”. Esta palabra que –quizás– en sí misma no explicita claramente su significado, representa todo aquello relacionado con la función social que debe cumplir esta institución pública a través de la acción comunitaria. En otras palabras, la Universidad tiene la obligación de intervenir con una perspectiva interdisciplinaria en cuestiones de relevancia social.

Para ello, la UBA no sólo debe titular profesionales con aptitudes científico-técnicas de excelencia sino, además, crear conciencia social en sus estudiantes y docentes para que apliquen sus conocimientos a la resolución de los problemas de la comunidad que sostiene su formación.

En este camino, en diciembre de 2004, la UBA efectuó un llamado a concurso de proyectos de extensión universitaria. El Programa, denominado UBANEX, que al momento de escribirse esta nota inicia su cuarta convocatoria, consiste en el otorgamiento de subsidios por concurso a aquellos integrantes de la comunidad universitaria que deseen presentar propuestas para la resolución de problemas sociales.

A la par de esta iniciativa, en el año 2005, la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA decidió encarar su propio proyecto de subsidios para actividades de extensión: “En aquel momento, la Facultad consideró que había logrado un

gran nivel en docencia e investigación pero que en lo referido a extensión no se había alcanzado la misma altura”, consigna el doctor Leonardo Zayat, Secretario de Extensión, Graduados y Bienestar de la FCEyN, y responsable del Programa “Exactas con la Sociedad”, cuya tercera edición está actualmente en curso. “Entonces, aprovechamos una disponibilidad de fondos que había en ese momento, provenientes de un refuerzo presupuestario, para implementar este programa”, completa.

Santiago querido

Corría el año 2005 cuando un grupo de estudiantes de diferentes carreras de la FCEyN entró en contacto con organizaciones sociales de pequeños productores –campesinos– del Departamento Figueroa, en Santiago del Estero, uno de los cuatro lugares del país con mayor porcentaje de hogares con alguna necesidad básica insatisfecha, según el Censo Nacional de 2001.

Hasta los años 70, la población de Figueroa había vivido una etapa de autosuficiencia alimentaria, por medio de un sistema integrado de agricultura y ganadería, gracias al riego provisto por la regulación de las aguas del río Salado mediante el embalse Figueroa. Pero, entonces, la rotura de ese dique condujo a la disminución de estas alternativas productivas, por la inutilización del sistema de riego, y a la inundación periódica de poblados y zonas de cultivo. A ello le siguió el consumo de agua no potable, la incidencia de afecciones agudas como la desnutrición, diarreas o infecciones respiratorias, responsables de un alto porcentaje de las muertes anuales en niños o, si no, de afectar el crecimiento y desarrollo durante la infancia lo que, a su vez, determina las capacidades futuras de esos niños.

“Cuando conocimos esa realidad quisimos hacer un aporte para modificarla y la convocatoria de ‘Exactas con la Sociedad’ fue una excelente oportunidad para ello”, comenta Pablo Nuñez, uno de aquellos estudiantes –hoy biólogo– responsables del proyecto cuyo objetivo fue efectuar un relevamiento del abastecimiento, uso y calidad del agua de consumo de esa población, y realizar un estudio antropométrico para evaluar el estado nutricional de la población infantil.

“Realizamos varios viajes de trabajo para registrar las distintas fuentes de agua y los análisis de laboratorio mostraron que el 100% de las muestras colectadas durante la estación seca no eran aptas para el consumo humano. De igual manera, el relevamiento nutricional efectuado en más de 650 chicos mostró una situación nutricional deficiente”, señala Nuñez, quien explica que durante el transcurso del proyecto

VOLCANES EN LA MIRA

Un día de 2008, cuando el doctor en geología Alberto Caselli se encontraba en Esquel, la ciudad amaneció cubierta por las cenizas de la erupción del volcán chileno Chaitén. “En esa ocasión, lo primero que se hizo –recuerda– fue recurrir a Internet, y la información disponible era solamente de fuentes internacionales.

Mediante un subsidio Exactas con la Sociedad, Caselli –director del Grupo de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos de la FCEyN– junto con un equipo interdisciplinario y la colaboración de pobladores, profesionales y autoridades de Esquel, Trevelin, Corcovado, Los Antiguos y Caviahue-Copahue, comenzó a recopilar experiencias pasadas que habían servido para morigerar los efectos de las cenizas. El resultado de todo ese trabajo fue un *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*, que “debutó” hace poco en Villa La Angostura para paliar los efectos de la erupción del volcán chileno Puyehue. “Recientemente, cuando estuve en esa localidad pude ver que mucha gente tenía el material en sus manos y que había impreso las recomendaciones en folletos que se repartían a los pobladores”, comenta. El Manual puede consultarse en a través del home de la web exactas.uba.ar.

“realizamos talleres y charlas en escuelas y en organizaciones locales para difundir información general como así también los avances que íbamos obteniendo”.

En 2008 comenzaron las obras de reconstrucción del sistema de riego de Figueroa, las que finalizaron hace pocos meses: “Entregamos un informe final con propuestas y sugerencias a las comunidades y a las autoridades y referentes locales. Pensamos que debería ser una herramienta muy útil para una solución definitiva al problema del agua para consumo”, opina Nuñez.

También en Santiago del Estero, donde solo el 25% de los mayores de 20 años completó el nivel secundario, mediante Exactas con la Sociedad se desarrolla actualmente el “Proyecto de apoyo a jóvenes campesinos que desean formarse en agroecología”, dirigido por la doctora Sara Maldonado, del Laboratorio de Biología del Desarrollo de las Plantas de la FCEyN. “Trabajamos junto con los profesores de la Escuela de Agroecología de Quimili para la producción de materiales, dispositivos didácticos y contenidos”, informa el biólogo Agustín Sanguinetti. El proyecto, originalmente destinado a apoyar el proceso de capacitación de jóvenes campesinos provenientes de distintos rincones de la provincia, tuvo una consecuencia inesperada: “Esto ha resultado en un intercambio de saberes, porque los chicos que cursan allá saben cosas que tienen que ver con la práctica que nosotros solo vemos en los libros. Para nosotros es otra forma de vivir la biología”, considera la bióloga Josefina Murphy.

Villa retirada

Mientras efectuaban un trabajo científico de relevamiento de las especies de ratas presentes en la Villa 31 del barrio de Retiro, los integrantes del Laboratorio de Ecología de Roedores Urbanos de la FCEyN tomaron contacto con los médicos del Centro de Salud del lugar. “Allí nos comentaron que había una gran cantidad de casos de parasitosis en chicos en edad escolar. Entonces, nos interesó estudiar el rol que juegan los roedores en la transmisión de algunos parásitos. Particularmente la rata parda, que es la más abundante en la Villa 31”, cuenta la doctora Olga Suárez, directora del Laboratorio.

El estudio subsidiado por Exactas con la Sociedad consistió en la captura de roedores en el ámbito domiciliario y peri-domi-



El proyecto que dirige el doctor Fabio Kalesnik tiene la finalidad de educar ambientalmente y brindar alternativas productivas a los pobladores de las islas del delta del Paraná (gentileza Fabio Kalesnik).

ciliario, para analizar el contenido estomacal de esos animales y determinar la presencia de parásitos: “En las ratas encontramos distintos tipos de parásitos intestinales que son frecuentes en los chicos y en los animales domésticos”, observa Suárez. “Ante esos resultados, decidimos armar una campaña de educación para concientizar a las familias acerca del riesgo”, añade.

La campaña consistió en capacitar a los alumnos del 7º grado de la escuela vecina al Centro de Salud sobre los riesgos que conllevan las ratas y, además, para que puedan reconocer los lugares donde es probable que haya roedores. Después de darles esa información, se entregó una planilla a cada chico para que encuestaran a las familias de la cuadra en la que ellos vivían sobre la presencia de ratas en la vivienda, y para que hicieran un relevamiento de los lugares del barrio en los cuales había señales de roedores. Luego, los científicos se llevaron esa información, la analizaron y le hicieron una devolución a los pibes. “Finalmente, les pedimos a los chicos que respondieran un cuestionario de conocimientos sobre roedores, idéntico a uno que habían respondido el primer día, y los resultados fueron muy satisfactorios, porque comprobamos que habían comprendido los riesgos y que estaban en condiciones de concientizar a sus familias acerca de cómo corregir conductas para reducir el peligro”, concluye Suárez.

Desde 1996, la Villa 31 recibe a un grupo de apoyo escolar. Pablo Turjanski, hoy licenciado en computación, se incorporó a ese grupo hace siete años: “Al principio dábamos apoyo en matemática, lengua y otras materias para alumnos de primaria, secundaria y CBC. Después, quisimos empezar a dar computación, como herramienta tanto para la escuela como para el trabajo. Pero no había espacio para instalar computadoras porque el lugar de clases se utilizaba como comedor. Entonces, en el 2006, nos presentamos a la primera convocatoria de Exactas con la Sociedad con un proyecto para que los chicos de la Villa 31 vinieran a la Facultad a utilizar sus aulas y laboratorios para capacitarse en computación”, recuerda Turjanski, y agrega: “Buscamos que, además de aprender herramientas de computación, conozcan la Facultad y compartan experiencias con quienes estudian en ella. De hecho, la mayor parte del dinero del subsidio se usa para pagarles el viaje y para el desayuno del recreo que hacemos para que se relacionen con otros estudiantes. Nos dimos cuenta de que esto les da sentido de pertenencia”.

Hasta la fecha, unos 40 estudiantes y docentes de la FCEyN dictaron estos cursos y talleres en los que ya estudiaron más de 150 personas, tanto jóvenes como adultos, que ya no vienen solamente de la Villa 31. En <http://enlatecla.dc.uba.ar> se puede encontrar información sobre este proyecto,



Muestreo de fuente de agua de consumo de una casa en la comunidad rural de San José. Parte del proyecto de relevamiento del abastecimiento, uso y calidad del agua de consumo del Departamento de Figueroa, en Santiago del Estero (gentileza Sergio Sananes y Pablo Aristide).

así como el material que utilizan los docentes y los alumnos.

Delta reservado

En el año 2000, las islas del delta del Paraná pertenecientes al municipio de San Fernando fueron declaradas “Reserva de Biosfera” por la UNESCO. Esto implicó una responsabilidad: integrar la conservación del lugar con el desarrollo sustentable. Para ello, el poblador –con sus tradiciones y actividades productivas– debe estar incluido en el manejo del ambiente.

Educar ambientalmente y brindar alternativas productivas a los pobladores de la Reserva es el objetivo del proyecto que dirige el doctor Fabio Kalesnik, del Laboratorio de Ecología Ambiental de la FCEyN: “Hemos dado más de veinte cursos de capacitación a maestros, agentes municipales, productores y agentes de turismo, y hemos desarrollado viveros didácticos con especies nativas para trabajar en las escuelas. También, hemos producido materiales, desarrollado senderos de interpretación y escrito libros para capacitar docentes”, detalla.

Con el objetivo de preservar los últimos parches de bosques nativos que quedan en las islas, el proyecto incluye la creación de viveros de re-crea de esas especies autóctonas: “Los pobladores han vivido históricamente

de la venta de madera de sus plantaciones de sauce y álamo. Ahora, estamos trabajando con pequeñas cooperativas de productores para que extraigan los pequeños arbolitos nativos que se están regenerando, antes de cortar la madera y aplastarlos. De esta manera, una parte puede venderse y otra utilizarse para extender los últimos parches que quedan del bosque original”.

Agua para todos

“En 2005, un grupo de estudiantes había viajado al Chaco y tomado contacto con una comunidad wichi que vive, con muchas necesidades, en Misión Nueva Pompeya, en medio del Impenetrable. Entonces, decidimos ir al lugar para conocerlo y empezamos haciendo un diagnóstico de enfermedades parasitarias en los chicos”, relata la doctora Graciela Garbossa, del Laboratorio de Parasitología de la FCEyN. “Nos otorgaron un UBANEX –continúa–, pero demoraron dos años en entregar los fondos. No obstante, fuimos al Chaco y allá nos enteramos de que nos habían otorgado el Exactas con la Sociedad, lo cual permitió solventar una parte de los gastos. Finalmente, encontramos que el 95% de los chicos estaba infectado con parásitos transmitidos por el agua”, revela.

El resultado llevó a investigar las fuentes de agua para beber y a descubrir que la tomaban de una laguna, sin tratamiento, porque no les gustaba el sabor del cloro. “Sentimos que teníamos que hacer algo más, que con informarlo a las autoridades del hospital no alcanzaba, porque si las condiciones no cambian...”.

Entonces, comenzó la búsqueda de métodos de purificación: “Después de una ardua investigación, entendimos que lo mejor era que utilizaran filtros de cerámica de un tamaño suficiente como para que pudieran descargar los baldes de 10 litros que traen desde la laguna y, además, que pudieran fabricarlos ellos mismos”.

Había que desarrollar un prototipo y, para eso, el equipo recibió un segundo subsidio Exactas con la Sociedad. Se probaron distintos materiales, se armaron los planos y, finalmente, se construyó la matriz. El paso siguiente es construir *in situ* los hornos para producir los filtros con la arcilla del lugar, de manos de los pobladores.

Pero no hace falta ir hasta el Chaco para encontrar dificultades en acceder al agua potable. Por eso, el Taller de Aguas, un grupo interdisciplinario de estudiantes, docentes y graduados que también recibió un subsidio de la Facultad, efectúa el relevamiento de la calidad de agua para consumo humano en barrios del Gran Buenos Aires desde 2006. “A lo largo de estos años hemos trabajado en el barrio El Porvenir (La Matanza) y en Mariano Moreno (Claypole). En ambos pudo detectarse contaminación microbiológica y altos niveles de nitratos. Actualmente estamos trabajando en Las Tunas (Tigre). En este barrio se sumó una nueva problemática: el arsénico. Nuestros primeros resultados muestran niveles de arsénico por encima de los límites recomendados, incluso en el agua de red que se está brindando al barrio”, afirma la bióloga Renata Menéndez, integrante del Grupo. “Nosotros tan sólo les brindamos a los vecinos una herramienta para la lucha por el acceso al agua potable, pero ellos son los principales motores del cambio. Si falta la participación de los propios afectados, podremos llegar a un completo Informe Final pero lo más probable es que quede dormido en un cajón. De eso fuimos aprendiendo y, por eso, cuando nos planteamos en qué barrio seguir, qué nueva problemática abordar, es algo que tenemos muy presente”. □

OTROS PROYECTOS

A lo largo de su breve historia, el Programa Exactas con la Sociedad subsidió también los siguientes proyectos:

- Educación para la prevención de la transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas en áreas rurales de Tucumán.
- Desarrollo de cerámicas auto-limpiantes y bactericidas para una empresa recuperada de Neuquén.
- Innovación disciplinar y didáctica en contextos de educación formal socialmente desfavorecidos.
- Laboratorio itinerante de termodinámica, magnetismo y física a bajas temperaturas.
- Los científicos vuelven a la escuela.
- Talleres de robótica educativa para alumnos de la escuela media.
- El sótano de la percepción (para docentes de escuelas medias).
- Uso de redes complejas para reconstruir datos de desaparecidos en Tucumán.

Extracción de litio en el Norte argentino

La fiebre comienza

por Susana Gallardo | sgallardo@de.fcen.uba.ar

La Argentina ocupa el tercer puesto en reservas mundiales de litio, luego de Bolivia y Chile. Este metal, que está desatando una fiebre internacional por su rol clave en la producción de baterías para autos eléctricos, fue declarado recurso estratégico en la Provincia de Jujuy. Por su parte, el Estado comenzó a impulsar el desarrollo de tecnologías para que el material no salga del país sin el agregado de valor. ¿Qué posibles consecuencias ambientales ofrece la extracción del mineral?

Diana Martínez Llaser



Como en otras épocas lo fue el oro y también el petróleo, el litio hoy constituye un recurso natural no renovable que despierta la codicia de grupos empresarios dispuestos a obtenerlo a bajo costo y comercializarlo con alto valor, pero fuera del país. De hecho, la fiebre internacional generada en torno de este metal disparó los precios. Aún así, la relación entre el valor de la materia prima frente al producto industrializado es significativa. “Un kilo de carbonato de litio cuesta 6 dólares, mientras que una batería de 5 kilos representa 25 mil dólares”, reflexiona el doctor Ernesto Calvo, director del Instituto de Química de los Materiales Medio Ambiente y Energía (INQUIMAE), de la FCEyN y el Conicet.

Se estima que a mediano y largo plazo habrá un importante incremento en los precios y la demanda de litio, la cual podría duplicarse en los próximos diez años, según las conclusiones de la Reunión del Grupo de Expertos Senior sobre el Desarrollo Sostenible del Litio en América Latina, organizada por la Comisión Económica de las Naciones Unidas para América Latina (CEPAL) a fines de 2010 en Santiago de Chile.

En concordancia con ese panorama, en marzo de 2011, el “precioso” metal fue declarado recurso estratégico por el Gobierno de la Provincia de Jujuy, con lo cual se busca preservarlo y convertirlo en “una fuente generadora de valor agregado local y de participación e inclusión laboral”, según el decreto.

“La idea es que el recurso produzca el mayor beneficio posible, con bajo impacto ambiental y alto desarrollo social y económico”, señala el biólogo Rodolfo Tecchi,

miembro del comité de expertos creado en Jujuy con el fin de revisar los proyectos de exploración y explotación, y recomendar o desaconsejar su ejecución teniendo en cuenta el impacto ambiental así como la creación de fuentes de trabajo, el desarrollo tecnológico que implique y otras inversiones que pueda generar.

Tecchi, que integra también el Directorio de la Agencia Nacional de Promoción Científica, destaca: “Se busca sacarle el mayor jugo posible y que, a diferencia de lo que ha sucedido con otros recursos no renovables, la explotación derive en desarrollos que permitan sostener la economía de la provincia”. Pero esta intención también es compartida por el Gobierno nacional. En efecto, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (Mincyt), junto con el de Industria, impulsa el desarrollo de tecnologías para dotar al producto de valor agregado.

En abril de 2011, ambos ministerios organizaron, en la ciudad de Jujuy, el Seminario de Utilización Integral de Litio en Argentina, en el que participaron especialistas de la universidad y de diversos organismos de ciencia, como la Cnea, el Conicet y la Conae, entre otros, y explicaron qué posibilidades tiene el país de iniciar la fabricación de baterías. La respuesta fue que, con el apoyo del Estado, en el término de un año se podría elaborar un prototipo de batería para computadoras y telefonía móvil.

“El seminario permitió confirmar que existen capacidades, ahora hay que ver cómo continuar”, señaló Ruth Ladenheim, Secretaria de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva del Mincyt. La funcionaria anunció la puesta en marcha de un equipo de trabajo interministerial, con participación del Ministerio de Ciencia y el de Industria, junto con el INTI y las cámaras industriales interesadas en esta iniciativa.

“Queremos generar las condiciones para cambiar la secuencia tradicional de explorar, explotar y exportar, de modo que,

previo a exportar, se pueda agregar valor y convertir el recurso en un aprovechamiento sustentable”, sostuvo Ladenheim.

El litio, un metal blanco y tan blando que se puede cortar con un cuchillo, tiene propiedades que lo convierten en un componente clave en la producción de baterías. “Tiene un alto potencial electropositivo, además de ser muy liviano”, afirma Ernesto Calvo, y agrega: “el litio puede brindar una enorme densidad de energía y poten-

cia por unidad de masa”. El único compuesto capaz de aportar más energía con menos peso es el hidrógeno.

Es el material primordial de las baterías de telefonía celular, cámaras fotográficas, computadoras y otros dispositivos electrónicos; son las que se conocen como litio-ión, desarrolladas por Sony en la década de 1990. Pero ahora los más interesados en las baterías de litio son las compañías automotrices, que buscan

LITIO EN SALMUERA

La extracción de litio de los salares se efectúa por bombeo de la salmuera mediante perforaciones cuya profundidad puede variar entre los 30 y los 200 metros. La salmuera luego es enviada a las piletas, donde, al calor del sol de la Puna, se evapora el líquido y se concentran las sales. Cabe destacar que existen tecnologías para la extracción de litio sin necesidad del uso de energía solar para evaporación, y que podrían contribuir a mejorar la producción de litio.

Luego de la evaporación, se separa el litio, por precipitación, de los demás compuestos disueltos en la salmuera, como el magnesio, el calcio, el potasio y el sodio, entre otros, cuya proporción varía según el salar. Además, algunos de ellos también pueden comercializarse.

En el precipitado puede recurrirse al agregado de reactivos químicos. Por ejemplo, para separar el magnesio se agrega calcio, que luego precipita como sulfato de calcio (o yeso). Éste se acumula en el salar como un subproducto de la actividad. El litio se obtiene como carbonato, con el agregado de carbonato de sodio.

Durante la separación de los productos secundarios sólidos que se generan, es necesario efectuar un lavado para arrastrar la solución rica en litio que queda atrapada entre las partículas sólidas. En este lavado, que se puede realizar con agua fresca o salmuera original, el agua que se consume representaría entre un 20 a 40% del agua total evaporada.

Diana Martínez Llaser



producir autos no contaminantes, propulsados a electricidad.

Hay dos tipos de baterías: las primarias (no recargables y desechables) y las secundarias, que permiten numerosos ciclos de carga y descarga. El problema es que, a través de esos ciclos, el material no siempre es reversible, pues los átomos no vuelven a la misma posición, es lo que se llama envejecimiento, o efecto memoria.

“Para que la batería dure, esos procesos deben ser reversibles”, comenta Calvo, y advierte: “Las baterías de litio-ión no son apropiadas para un auto, porque, si se las sobrecarga, pueden explotar e incendiarse. Además, aún no pueden competir con la nafta. La única que puede hacerlo es la de litio-oxígeno, porque tiene la misma densidad de energía, pero es una batería primaria que, desde hace mucho tiempo, se trata de hacerla recargable, y presenta muchas dificultades”.

Se espera que en el 2020 haya un 20% de autos eléctricos en el mundo, y la batería de litio-oxígeno es la que tiene más chance. “Pero queda mucha ciencia e ingeniería para resolver”, subraya Calvo.

Un triángulo valioso

Lo cierto es que el litio –el metal más liviano y que ocupa el tercer lugar en la tabla periódica, después del hidrógeno y el helio– es abundante en los salares altoandinos. Es más, el 75% de las reservas del mundo están en un triángulo formado por el salar de Uyuni en Bolivia, el de Atacama en Chile y los de la Puna argentina, que comprende parte de las provincias de Jujuy, Salta y el norte de Catamarca. Solo en Jujuy, el salar de Cachauri atesora reservas equivalentes a 50 mil millones de dólares.

En Bolivia, la explotación la realiza el Estado, con una planta de extracción y purificación de carbonato de litio en el salar de Uyuni. “Fueron las propias comunidades campesinas las que le exigieron al Gobierno que no dejara la producción de litio en manos de empresas privadas”, remarcó el ingeniero Al-

berto Echazu Alvarado, gerente de Recursos Evaporíticos de la Corporación Minera de Bolivia (Comibol), durante el seminario en Jujuy. También adelantó que la fase final del emprendimiento se llevará a cabo en alianza con empresas que aporten tecnología para producir baterías y derivados del mineral.

PUEBLOS ORIGINARIOS

Diana Martínez Lláser



Las comunidades originarias siempre han estado vinculadas a los salares, y la extracción de sal ha sido un medio de subsistencia. La actividad minera puede ser para ellos una salida laboral o, por el contrario, una amenaza. En Bolivia, las comunidades están a favor de la explotación del litio, y pidieron que el Estado se encargara de realizarla. En la Argentina, en cambio, no hay una posición homogénea. Algunas comunidades son favorables a la instalación de las empresas, en función de expectativas laborales; pero otras reclaman el derecho a decidir si explotan o no la salmuera que está dentro del área que les pertenece, o que les fue dada como territorio.

En la provincia de Jujuy, los pueblos originarios tienen representantes en la Unidad de Gestión Ambiental Minera, que analiza los proyectos mineros, y aprueba los estudios de impacto ambiental. Sin embargo, en noviembre de 2010, un grupo de comunidades de Jujuy y otras de Salta, que pertenecen a la Cuenca de Guayatayoc y Salinas Grandes, presentaron una demanda de amparo en la Corte Suprema de Justicia de la Nación, reclamando que no se cumple el proceso de consulta previa, que debe ser anterior al proyecto de exploración.

Por su parte, en Chile, si bien el litio se explota en forma privada, el Estado regula el volumen de producción para no modificar demasiado la oferta y evitar la caída del precio. Ese país, con el 40% del mercado, es uno de los principales exportadores, y vende a Japón y Corea del Sur, donde se asientan las principales fábricas de baterías de litio.

En la Argentina, desde 1998, la corporación FMC explota el litio del salar del Hombre Muerto, en Antofagasta de la Sierra, Catamarca, por un valor de 35 millones de dólares anuales. En Salta hay una explotación incipiente, mientras que en Jujuy se podría iniciar la actividad en tres años. En esta provincia, el comité de especialistas estudia el impacto de las propuestas presentadas, analizando aspectos técnicos, por ejemplo, qué pasa si diferentes empresas se proponen operar en una misma cuenca.

“El Estado boliviano, que cuenta con el *know how* de diseño y tecnología para establecer una planta de extracción de litio, está interesado en nuestro potencial desarrollo tecnológico para la fabricación de baterías”, asegura Tecchi.

Por su parte, Calvo propone: “Si se explota el litio y luego se exporta, estaremos exportando puestos de trabajo, muchos de ellos calificados. La Argentina debe hacer un esfuerzo para entender la tecnología y formar recursos humanos para que, por un lado, podamos conocer a fondo los procesos y los materiales y, por otro, estemos en condiciones de producir baterías de litio, con la participación de las universidades y los institutos de investigación”.

Tal vez no se pueda evitar que las empresas privadas se lleven el litio como *commodity*, pero “se podría cobrar una alícuota por cada kilo que se exporte de mineral de litio, y así financiar un programa de becarios, laboratorios y recursos”, postula Calvo.

Explotación y ambiente

Los salares son cuencas cerradas donde queda almacenada el agua, y a lo largo de miles de años se han concentrado minerales y elementos químicos que fueron arras-

DATO HISTÓRICO

El litio fue descubierto a principios del siglo XIX como componente de una piedra dura denominada espodumena. Pero en la década de 1920 se vio que también se hallaba en los salares, y uno de los primeros en advertirlo fue el químico y geólogo argentino Luciano Catalano, un estudioso de la Puna que fue subsecretario de Minería durante la presidencia de Arturo Illia.

trados por la lluvia desde las laderas montañosas. “La existencia de costras sólidas de sal es sólo una característica superficial que está presente en algunos salares, pero no es representativa de la complejidad del sistema. Un salar tiene asociado un cuerpo subterráneo de salmuera que lo alimenta, y tiene diferentes ‘facies’ de sales en profundidad, como cloruro de sodio (halita), cloruros y sulfatos de potasio y magnesio, y otros sulfatos y carbonatos”, explica el doctor Fernando Díaz, geólogo forense y ambiental independiente.

Hacia los bordes de la salina, esta salmuera está en contacto con el agua subterránea dulce que desciende de las zonas altas de la cuenca y fluye hacia la salina, y en el límite se conforma una interfase de agua dulce y salmuera. La salmuera, por su mayor densidad, ocupa la posición inferior, y sobre ella se superpone el agua dulce, que descarga hacia la superficie, dando lugar a la formación de vegas y lagunas que circundan los salares.

La salmuera es bombeada mediante perforaciones y luego se la expone al sol para evaporar el líquido y concentrar los componentes de interés. Díaz explica que la concentración de litio en las salmueras es baja y varía dentro de cada salar, y entre los distintos salares, fluctuando entre unas pocas decenas de partes por millón (ppm) y poco más de mil, con valores promedio de 600 ppm en el Salar de Uyuni, y de 500 ppm en el Salar del Hombre Muerto. “De acuerdo con estos valores puede estimarse que por cada tonelada de litio extraída se evaporan alrededor de dos millones de litros de agua, clara evidencia de que la minería del litio en salares es una minería del agua”, subraya.

Díaz destaca que la extracción de la salmuera para obtener litio genera una disminución del nivel de base del agua subterránea de la cuenca, que produce un descenso del agua dulce fuera de los bordes de la salina, y la



Las más interesadas en las baterías de litio son las compañías automotrices, que buscan producir autos no contaminantes, propulsados a electricidad. Se espera que en el 2020 haya un 20 por ciento de autos eléctricos en el mundo, y la batería de litio-oxígeno es la que tiene más chance.

Frank Hebbert

consecuencia más inmediata es la desaparición de las vegas y lagunas que allí se forman, recurso hídrico esencial de la región. Y advierte: “Estas explotaciones afectan el ecosistema, la fauna, las migraciones de aves, los camélidos, y también la población humana que, si bien no es numéricamente alta, posee características étnicas particulares, y toda explotación que no preserve las comunidades es un etnocidio”.

Según el geólogo, no hay actividad minera que no tenga impacto ambiental, y la minería del litio, en particular, requiere estudios profundos. “La obtención de este recurso de las salinas es algo muy reciente en el mundo, hasta hace unos años se extraía de minerales sólidos, de rocas duras, mediante un tratamiento químico del mineral”, indica.

En la reunión de expertos organizada por la CEPAL, también se advirtió sobre los impactos que puede tener la extracción de litio de los salares en el delicado equilibrio del suministro de agua, y recomendaron la realización de estudios exhaustivos de impacto medioambiental y de monitoreo para impedir o mitigar los efectos negativos en la flora y fauna así como en los ecosistemas de los salares.

Por su parte, el biólogo Rodolfo Tecchi enumera algunos de los efectos posibles de

la minería del litio: “Por un lado, se verá afectada la superficie de la costra del salar, porque la obtención del mineral implica la construcción de piletas de evaporación que, en conjunto, pueden sumar entre 300 y 600 hectáreas de superficie”.

Para el especialista, es necesario analizar el funcionamiento integral del salar pues, en tanto se extrae la salmuera, se pueden deprimir las napas de agua a donde lleguen los extractores. “También hay que considerar –acotó Tecchi– que, en la provincia de Jujuy, una de las áreas donde se prevé la extracción fue declarada, hace más de treinta años, reserva provincial para la protección de la vicuña”. Y agregó: “Teniendo en cuenta que cada sitio es diferente, hay que estudiar cada caso en particular, y ver los planes de las empresas para el control del impacto. Dado que son explotaciones muy rentables, no debería haber problemas en derivar una parte sustancial de las ganancias a cubrir el impacto”.

Las reservas de litio en la Argentina parecen poner en escena la clásica tensión entre desarrollo y medio ambiente. Así, el interés por atraer inversiones parece contraponerse al deseo de preservar los recursos no renovables. Tal vez no se trate de opuestos irreconciliables, sino de aspectos que pueden armonizarse a través de la investigación y, por supuesto, de las políticas adecuadas. □

Los metamateriales

Luz obediente

por Gabriel Stekolschik | gstekol@de.fcen.uba.ar

Desde el principio, el hombre buscó dominar a la naturaleza. Y en gran medida lo consiguió. Pero, hasta hace pocos años, no había podido someter a la luz. Ahora, los científicos crearon materiales que permiten controlar el comportamiento de las radiaciones, lo que abrió el camino a aplicaciones insospechadas. Entre ellas, la posibilidad de hacer invisibles a los objetos.



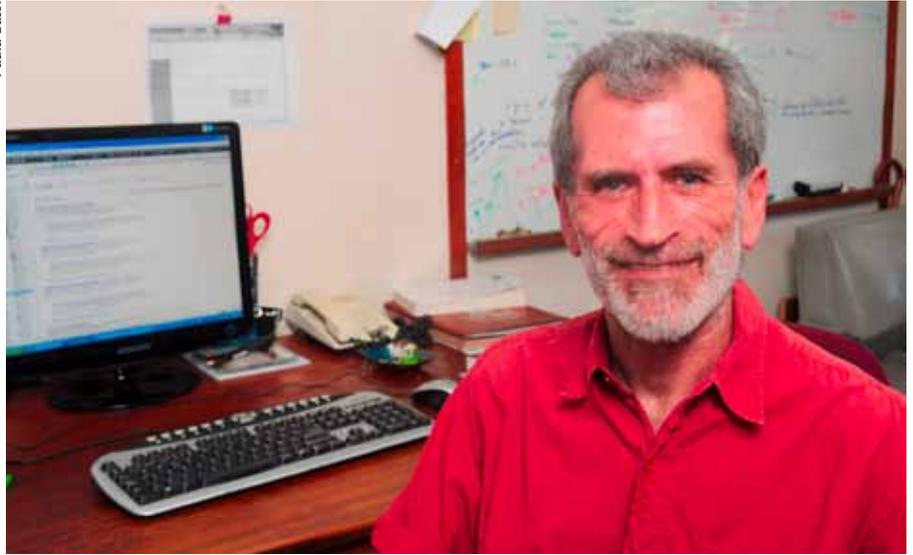
El mundo con el que se encontraron los primeros humanos debió distar mucho de ser el Edén. Probablemente, en aquel ambiente inhóspito, nuestra frágil especie no habría sobrevivido si no hubiera tenido la habilidad para fabricar herramientas. Así, nuestra civilización se fue desarrollando en la medida en que lograba dominar las propiedades de los materiales.

Primero fueron la madera, el hueso y la piedra. Después, los metales. En aquellas edades tempranas, en las que apenas empezábamos a manejar algunas cualidades mecánicas de la materia, la luz era, simplemente, “algo” que diferenciaba el día de la noche.

Hoy, varios milenios después, se sabe mucho acerca de la luz y, sin embargo, recién comenzamos a domesticarla, o sea, a confinarla y decirle qué camino seguir. Lograrlo posibilitaría, por ejemplo, reemplazar los circuitos electrónicos por otros, fotónicos, mucho más veloces y eficientes; o, también, crear lentes que nos permitirían ver los átomos; o, incluso, poder hacer invisibles los objetos.

Para “amansar” a la luz, hubo que dejar de lado a los materiales tal como los ofrece la naturaleza e inventar otros nuevos: los metamateriales, que son elementos fabricados de forma artificial en el laboratorio a partir de sustancias naturales, pero que poseen propiedades que no se encuentran en la naturaleza.

“Nadie esperaba que en una ciencia tan antigua como la óptica iba a aparecer una novedad como ésta”, se apasiona Ricardo Depine, investigador del Conicet en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la Universidad de Buenos Aires.



Ricardo Depine

Trampear a la luz

Cuando la luz llega a un objeto, una parte se refleja. Pero otra parte puede penetrar en él y, al hacerlo, choca con los átomos que lo componen y se desvía. Este fenómeno, que se denomina refracción de la luz, se puede comprobar, por ejemplo, sumergiendo lentamente una varilla en el agua: se observará que la porción que está por debajo de la superficie del líquido parece doblarse (ver Figura 1A). Esta imagen distorsionada se debe a que, al penetrar en el agua, la luz es desviada por las moléculas del líquido, haciéndonos creer que el objeto se ha doblado.

Existe una magnitud física, llamada índice de refracción, que indica cuánto se desvía la luz al atravesar un material. Este índice resulta de dividir la velocidad de la luz en el vacío por la velocidad de la luz en el material en cuestión. En el vacío, la luz no choca con nada y, por lo tanto, alcanza su velocidad máxima, mientras que, dentro de cualquier material, la luz será frenada por los millones de átomos que lo componen y su velocidad será menor que en el vacío. Así, para la luz visible, el índice de refracción de cualquier material es siempre positivo y mayor que 1. Por ejemplo, el índice de refracción del aire es 1,0003; el del agua, 1,3; y el del vidrio, 1,52. En general, cuanto más denso es un material, más frenará la luz y, por lo tanto, mayor será su índice de refracción.

Por lo tanto, si se quisiera controlar el comportamiento de la luz, una posibilidad sería manipular el índice de refracción de los materiales.

Hace unos 50 años, el físico ruso Víctor Veselago especuló con la posibilidad de crear materiales con índice de refracción negativo. Según el científico, el comportamiento que tendría la radiación al atravesar ese material sería muy diferente a todo lo conocido. De hecho, si el agua tuviera índice de refracción negativo, la varilla del ejemplo anterior parecería doblarse hacia “el otro lado” (ver Figura 1B).

En aquel tiempo, la idea era poco menos que descabellada. No obstante, tres décadas más tarde, con el desarrollo tecno-

lógico y la posibilidad de manipular materiales a escalas cada vez más pequeñas, aquella hipótesis teórica de Veselago fue verificada empíricamente.

Materiales a la carta

Para lograr que la luz se comporte de manera distinta a como lo haría espontáneamente había que crear materiales cuyo índice de refracción pudiera manipularse. Entonces, a finales del siglo pasado, a un inglés llamado John Pendry, se le ocurrió una manera de lograrlo.

Pendry propuso construir un material conformado por muchos alambrecitos metálicos muy delgados, alineados uno junto al otro y separados entre sí por una mínima distancia. “Visto desde lejos, se ve como un material homogéneo. Sería algo así como un metal de baja densidad, que ahora deja pasar luz que el metal antes no dejaba pasar”, explica Depine.

La idea original de Pendry permitió crear materiales con índice de refracción negativo, una propiedad que no existe en la naturaleza y que ha dado lugar a numerosos desarrollos. A estas estructuras artificiales periódicas –conformadas por una fina y complicada arquitectura microscópica hecha de barras y anillos– se las denominó metamateriales, término acuñado en 1999 por Rodger Walser, profesor de la Universidad de Texas, para describir materiales que tienen un “funcionamiento más allá de las limitaciones de los compuestos convencionales”.

Así, la diferencia esencial entre los materiales y los metamateriales es que, en el primer caso, sus propiedades dependen de su com-

posición, es decir, de los átomos y moléculas que los forman. En cambio, las propiedades de los metamateriales –propiedades que no se encuentran en la naturaleza– dependen más de su estructura que de su composición. O sea, según la forma y la distribución de los materiales que constituyen el metamaterial, será el comportamiento que tendrá la luz al atravesarlo. En consecuencia, manipulando esa forma y distribución, se consigue guiar a la luz por caminos que no recorrería espontáneamente.

Desde la idea original de Pendry hasta nuestros días, han pasado poco más de diez años. En ese breve lapso, se han ido desarrollando infinidad de metamateriales, cada vez más complejos, en función del objetivo que se quiere alcanzar. Así, los científicos montan, minuciosamente y a escalas minúsculas, elementos como el cobre, el aluminio o el silicio para dar forma a estos arreglos periódicos que gobiernan a la luz.

En la actualidad, el diseño de estas estructuras es llevado a cabo mediante el modelado computacional, que predice el funcionamiento que tendrá el metamaterial a fabricar.

Ahora, los investigadores disponen de una herramienta que les permite manejar a voluntad el comportamiento de la luz: “Es como jugar a ser un semidios que hace nuevos materiales”, ilustra Depine.

Invisibilidad ¿sí o no?

Vemos un objeto porque la luz que se refleja en él llega a nuestros ojos con la información sobre el objeto. Por lo tanto, si quisiéramos hacerlo invisible deberíamos lograr que la luz lo esquive.

Una analogía habitual para ilustrar esto es pensar en la luz como si fuera el agua de un río. Cuando se encuentra con una roca, el líquido se separa para rodear el obstáculo y, después, se vuelve a juntar. Si esperamos río abajo, el agua no nos traerá ninguna información acerca de la presencia de la roca que estaba río arriba. Para nosotros, la roca no existe.

¿Cómo se puede lograr que la luz esquive el objeto? Modificando el índice de refracción del material de tal manera que la luz, en lugar de reflejarse o de atravesarlo, lo rodee. Para ello, podría involucrarse el objeto en un metamaterial que desvíe la luz. Entonces, si la luz no se refleja en el objeto, no podremos verlo. Lo que sí veremos es todo lo que hay detrás del objeto, como si no existiera, porque la luz que viene desde atrás lo rodea y llega a nuestros ojos con las imágenes de lo que hay en el fondo.

Con el invento de los metamateriales parecería que es relativamente simple hacer esto. Sin embargo, todavía existen limitaciones tecnológicas para poder cumplir la fantasía del hombre invisible.

En principio, para que un metamaterial funcione como tal, es decir, que afecte a la luz incidente y tenga refracción negativa, es necesario que los elementos que conforman su estructura interna sean de un tamaño menor al de la longitud de onda (λ) de la luz utilizada (ver recuadro “La luz es pura onda”). En otras palabras, hay que conseguir que, para la luz incidente, el material se vea homogéneo lográndose así que la radiación no pueda distinguir las discontinuidades del metamaterial.

Poco a poco, esta limitación está siendo sorteada. En el año 2006, se consiguió que un anillo pequeño de cobre se hiciera invisible para las microondas que, como tienen una λ de alrededor de 1 centímetro, requirieron de metamateriales cuyas estructuras fueran menores a esa dimensión, lo cual no precisó de tecnologías muy sofisticadas.

Llevó un poco más de tiempo fabricar metamateriales que pudieran utilizarse en el

rango de la luz visible, cuyas λ son mucho menores. No obstante, en 2007 se pudo construir el primer metamaterial que opera en el rango de la radiación visible, más precisamente en el límite superior, es decir, alrededor de los 700 nanómetros (nm).

Esto no significa que se esté cerca de invisibilizar cualquier objeto, porque los seres humanos percibimos constantemente un gran abanico de longitudes de onda. Por lo tanto, hasta que no se fabrique un metamaterial que sea invisible para cualquier λ del espectro visible (no solo para una), la invisibilidad completa de un cuerpo no será posible.

Y todo se complica aun más si pensamos en invisibilizar un cuerpo en movimiento. Porque, en ese caso, la capa de metamaterial que cubra al individuo debería ajustar

constantemente su índice de refracción a esos movimientos. Además, debería ser muy resistente pues, de lo contrario –con los metamateriales que se fabrican hoy– se rasgaría al dar el primer paso.

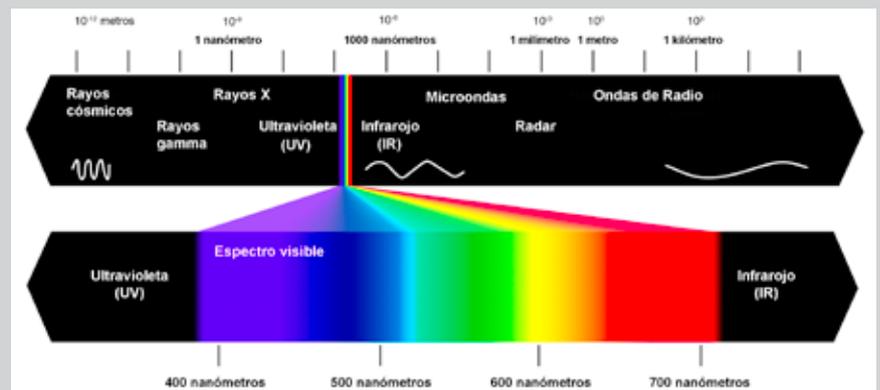
Lentes perfectas

Las leyes fundamentales de la óptica dicen que, con cualquier lente, es imposible captar la imagen de un objeto cuyas dimensiones sean menores que la longitud de onda de la luz con la que se ilumina a ese objeto. En otras palabras, esto significa que si ilumino un objeto con luz visible ($\lambda = 400$ a 700 nm.), aunque utilice el microscopio óptico más poderoso no podré ver con nitidez objetos menores a 400 nm.

Esto se debe a que, si bien gran parte de la luz que se refleja en el objeto se propaga a través de la lente y llega a nuestros ojos,

LA LUZ ES PURA ONDA

La luz es una radiación que se desplaza como una onda. Como puede verse en el siguiente esquema, de acuerdo a cuán larga sea esa onda, será el tipo de radiación:



Como vemos, el ojo humano solamente puede percibir una pequeña parte de todas las radiaciones: lo que se llama “luz visible”, que es aquella cuya longitud de onda (λ) está –aproximadamente– entre los 400 y los 700 nanómetros (1 nanómetro es la millonésima parte del milímetro).

La luz visible, que vemos blanca, en realidad está compuesta por la suma de los siete colores del arco iris. Cada uno de estos colores es radiación que se mueve con diferentes longitudes de onda. Así, hay ondas que cuando llegan a nuestros ojos “nos muestran” el color rojo, hay otras ondas que “nos muestran” el azul, y lo mismo sucede con los otros colores.

Por otra parte, no podemos ver las radiaciones que están por fuera del rango visible. Por ejemplo, los rayos X, cuya λ es menor a 1 nanómetro (nm), o los rayos ultravioleta, cuya λ está comprendida entre los 15 nm y los 400 nm. También existen radiaciones con λ muy grande como para que podamos verlas. Por ejemplo, las ondas de radio, que pueden tener longitudes que van desde unos pocos centímetros a varios kilómetros.

otra porción de la luz reflejada se “desvanece” (al fenómeno se lo llama “evanescencia”) y no llega a atravesarla, con lo cual se pierden los detalles pequeños del objeto.

En el año 2000, Pendry teorizó que los metamateriales podrían sortear este problema que presentan las lentes convencionales con índice de refracción positivo y que, entonces, se lograría fabricar lo que él denominó la “lente perfecto”.

“El metamaterial con índice de refracción negativo tiene la particularidad de amplificar la onda que está evanesciendo y hacer que llegue al otro lado de la lente. Esto, idealmente, permitiría aumentar el poder de resolución al infinito y que, quizás algún día, podamos llegar a ver los átomos con un microscopio óptico”, explica Depine.

De hecho, hace muy pocos meses, un equipo de investigadores de la Universidad Politécnica de Valencia y del King’s College de Londres parece haber dado un paso significativo en este sentido, pues fabricaron un metamaterial que permite captar longitudes de onda por debajo de los 100 nm, lo que haría posible, con un microscopio óptico, ver objetos tan pequeños como una cadena de ADN.

Circuitos de luz

Suele decirse que vivimos en la era del silicio, un material con el que se fabrican los transistores que dan vida a todos los artefactos electrónicos que comparten nuestra cotidianeidad.

Pero la mayoría de los científicos del área coinciden en que el fin de esta era puede estar próximo. Algunos expertos arriesgan que la posibilidad de miniaturización de los transistores de silicio alcanzará su límite en menos de diez años.

“Ahora, el cuello de botella es la velocidad de los procesadores, que está limitada por lo electrónico. Además, si bien cada vez se hacen más chicos, va a llegar un momento, cuando sean apenas una capa de

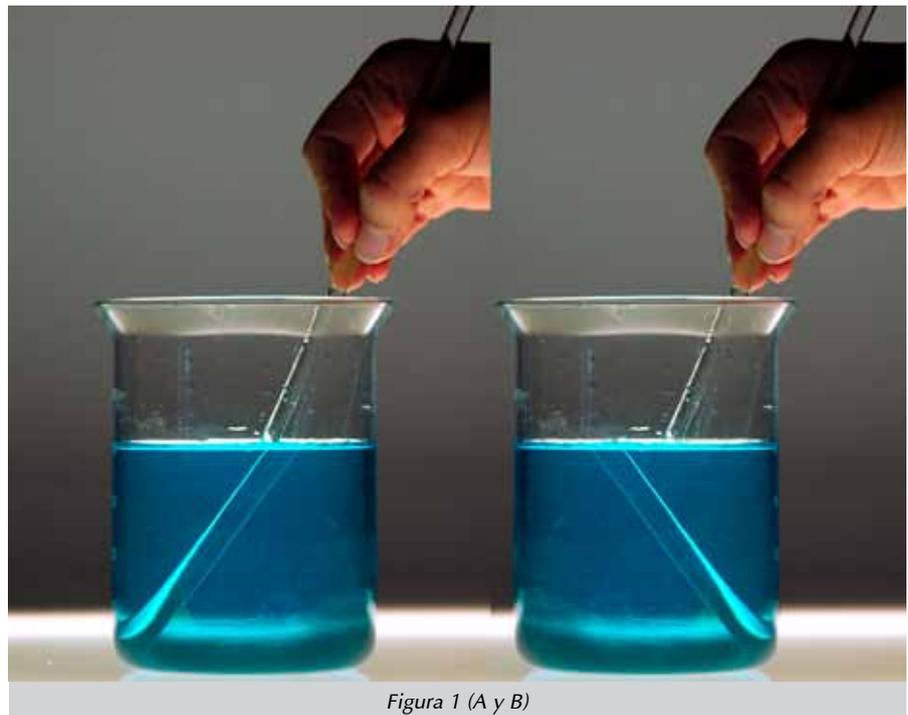


Figura 1 (A y B)

CePro-EXACTAS

átomos, en que no se van a poder miniaturizar más”, señala Depine

En este contexto, la posibilidad de gobernar la luz para crear –por ejemplo– el equivalente óptico del transistor o, también, diseñar circuitos ópticos, posibilitaría un nuevo salto tecnológico, porque la luz viaja más rápido que los electrones y, además, a diferencia de éstos, no tiene masa, con lo cual las posibilidades de miniaturización serían prácticamente ilimitadas.

En este camino, se está tratando de aprovechar un fenómeno óptico: los plasmones superficiales. ¿Qué es esto? Sabemos que la luz viaja por las tres dimensiones del espacio y que no se la confina con facilidad. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, la luz puede quedar atrapada sobre ciertas superficies y viajar “pegada” a ellas e, incluso, ser guiada por esa superficie para que recorra un circuito determinado. A esta luz bidimensional se la denomina “plasmón” y, hasta ahora, era un patrimonio exclusivo de los metales.

“Hasta hace muy poquito se sabía que los plasmones solo existían en las superficies metálicas. Ahora, con los nuevos metamateriales de índice de refracción negativo, aparece toda una familia de plasmones nuevos que tienen propiedades inesperadas. Nosotros hemos investigado diversas configuraciones que permiten guiar a esos plasmones en los metamateriales, por ejemplo dándole forma a la superficie”,

revelan Mauro Cuevas y Ricardo Depine, quienes, en el Grupo de Electromagnetismo Aplicado de la FCEyN, realizan un trabajo pionero a nivel mundial con plasmones en metamateriales.

“También, los nuevos metamateriales permiten que haya plasmones que se puedan propagar sobre superficies transparentes, como el vidrio”, agrega Cuevas.

Por otra parte, los plasmones tienen, además, la capacidad de almacenar luz en espacios reducidos: “Se puede iluminar la superficie con luz de 600 nm de longitud de onda y, por ejemplo, confinarla en 50 nm”, ilustra.

Así, de la misma manera que se hace viajar a los electrones por un cable y a la luz por la fibra óptica, podrían construirse circuitos ópticos utilizando plasmones, pero con otra ventaja: “La fibra óptica tiene el problema de que cuando se supera cierto tamaño de longitud de onda, la luz ‘se escapa’ del cable. En cambio, el plasmón confina muchísimo más”.

No parece aventurado predecir que, en un futuro no muy lejano, surgirán aplicaciones sorprendentes a partir de las novedosas y variadas propiedades de los metamateriales. Tal vez, el potencial de este campo de la física se puede dimensionar a partir de las palabras de Ricardo Depine: “Cosas que hasta ahora eran impensables, con los metamateriales se pueden pensar”. □

María Luisa Altinger, meteoróloga

La huella del viento

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

Nació un 31 de agosto, al día siguiente de Santa Rosa, la famosa tormenta. Tal vez sea por eso que se dedica, desde hace cuarenta años, a estudiar las tormentas severas, y fue iniciadora de esos estudios en el país. Se graduó en 1959 en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, y se doctoró en 1989. Fue la primera mujer en el país en cursar la carrera de meteorología. Fue investigadora del Conicet y docente del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos desde 1961 hasta el 2001. Fue Presidenta de la Asociación de Geofísicos y Geodestas, e integró desde 1992 el grupo "Task Force on High Intensity Winds". En 2008 fue declarada "Personalidad Destacada de las Ciencias" por la Legislatura de la Ciudad de Buenos Aires.



¿Usted nació en Alemania?

Soy argentina naturalizada, nací en Alemania por casualidad; por la muerte de mi abuela, mi madre tuvo que viajar a su pueblo en Baviera, con mis dos hermanos y conmigo en gestación. Somos una familia alemana, pues todos tienen la doble nacionalidad, menos yo que, por requerimientos quizá no escritos de la UBA, adopté la nacionalidad argentina.

¿Cómo fue su infancia?

La pasé en el partido de Alberti, que queda entre Chivilcoy y Bragado, en la provincia de Buenos Aires. Mi padre era ingeniero agrónomo, y trabajó durante 36 años en el Criadero Klein, que es la empresa más antigua del país dedicada a la genética de trigo. Recuerdo que siempre se escuchaba el andar de tractores, de camiones o de las maquinarias en los galpones. Y se usaba energía eólica.

¿Cómo surgió la vocación?

Como en Alberti en 1948 no había secundario, me mandaron como pupila al colegio del Espíritu Santo, en Buenos Aires. Mi familia era católica. Cuando, en 1951,



yo estaba en cuarto año, la profesora de Latin y Literatura me pidió la carpeta, para un trabajo práctico que ella debía hacer de grafología. Aproveché y le pedí que, con los resultados, me aconsejara para encontrar mi vocación. No le dije que yo andaba pensando en astronomía, biología, agronomía, medicina, veterinaria y geología. Ella entonces agregó unos tests, y un día vino eufórica a decirme que yo tenía que estudiar ciencias económicas. “No, jeso no!, yo quiero algo más vinculado con la naturaleza, donde las leyes no cambian”, le dije. La economía, para mí, estaba muy sujeta a leyes propuestas por humanos y, por ende, cambiantes. Mi profesora quedó muy desilusionada ante mi rechazo. Dos meses más tarde me llamó para que habláramos y, en el silencio de un aula desierta, me dice: “¿Por qué no seguís meteorología?” En ese instante se me abrió la atmósfera... me la salteaba en mi búsqueda de disciplinas desde el espacio hacia la tierra. Fue un impacto fuertísimo, quedé impresionada. Entonces me dijo que me iba a presentar a Juan José Hoffmann, meteorólogo del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) que era el sobrino de la Madre Provincial de la Congregación, venido de Alemania después de la segunda guerra. En la entrevista, Hoffmann intentó quitarme la idea de la cabeza.

¿Por qué?

Tal vez porque no veía campo laboral y de desarrollo. Pero al año siguiente, en quinto año, me trajo libros y yo, en los recreos y en las clases de Filosofía, los leía a escondidas. Una compañera me trajo el libro *Los sondeos de la atmósfera con meteorógrafos, utilizando aeroplanos*, de Carmelo Di Corleto, que era su tío. Para mí, fue fascinante. Fueron mis primeros pasos. Finalmente, Hoffmann me aconsejó que

fuera a ver al doctor Capeletti, subdirector del SMN, quien me recibió con gran amabilidad, y me anunció que al año siguiente, 1953, se inaugura la licenciatura en Ciencias Meteorológicas en la Facultad de Exactas, en la calle Perú.

Es decir, que usted inauguró la carrera...

Fui la primera persona que se inscribió. Eso lo supe 25 años más tarde, cuando alguien investigó al respecto por los festejos conmemorativos del aniversario. En primer año fuimos cuatro inscriptos. Empezamos con materias comunes a otras carreras, como física y matemática; los temas específicos de meteorología se veían recién en tercer año. Yo estaba junto con los físicos, los matemáticos y los químicos, y, si bien, había algunas chicas en las otras carreras, en meteorología yo era la única mujer. Mientras yo ingresaba en primer año, oficiales de fuerzas armadas ingresaron en tercero, y egresados de la Escuela de Meteorología del SMN, en cuarto año.

Usted eligió su carrera, pero ¿cómo decidió que se iba a dedicar a las tormentas?

Tuve la suerte de tener como profesor a Werner Schwerdtfeger, un meteorólogo alemán que nos dio una muy buena formación básica en convección atmosférica, en el proceso de la formación de tormentas. Era un gran meteorólogo, y con él aprendí lo que es un buen profesor. Es el que da con claridad la estructura básica, sin esos detalles que dificultan la percepción de la estructura, y que uno después puede agregar. Este profesor me dio una muy buena base. Así elegí como tema de investigación las tormentas locales y más tarde me interesé por el aspecto más severo, que son los tornados.

¿En qué momento decidió ir tras los tornados?

Yo practicaba vuelo a vela y, en enero de 1971, se realizaba un Campeonato Nacional de esta actividad en el aeródromo de Pehuajó. Yo era jefe de equipo del Club de Planeadores de Zárate y, por lo tanto, era responsable de que todo el material aeronáutico volviera sano y salvo, después del concurso. Una tarde, el 20 de enero, se avecinaba desde el sudoeste una impresionante tormenta que, por su aspecto, parecía severa. Di la orden a mi equipo de desarmar los cuatro planeadores para guardarlos en el hangar; y asegurar nuestros dos aviones de remolque con sogas y estacas. La tormenta llegó mientras cenábamos en el pueblo. Al día siguiente, el aeródromo parecía un hormiguero que había recibido un puntapié. Peligraba el campeonato. Mientras los demás tenían que arreglar averías en el material de vuelo para seguir en competencia, nosotros remediábamos sólo los problemas de camping. Finalmente, dos días después se larga nuevamente la competencia. Uno de nuestros pilotos, al regresar, me cuenta: “*Maria Luisa, tenías razón, aterricé en la estancia Las Hortensias; no sabés el tornado que pasó por allí, arrancó árboles enormes. Si mañana no se vuela, vamos para allá. Durante el remolque te marqué la trayectoria*”. Me dio un trozo de papel con marcaciones en birome. Hoy integra mi archivo. Y fuimos. La entrada lucía un hueco en la hilera de árboles, en el campo de girasol parecía que hubiera pasado una topadora. En silencio, presté atención a las palabras de la tormenta. Así empezó todo.

La tarea de la doctora Altinger, a lo largo de cuarenta años de trabajo, ha sido visitar las zonas afectadas por las tormentas severas. A partir de la noticia

en el diario, o de un llamado telefónico, se dirige al lugar para hacer una lectura de los destrozos. Los daños y la posición en que quedaron los árboles caídos son un indicio de la intensidad y la dirección del viento. Una cámara de fotos y de video, una brújula y la cartografía son elementos imprescindibles en la tarea. Se analiza el tamaño de los objetos que fueron levantados y arrastrados por el viento, y que terminaron incrustados a varios metros de distancia. Es también muy importante el relato de los pobladores.

¿Su infancia en el campo la ayudó en su tarea de recorrer los poblados?

Seguramente, yo conozco al hombre de campo y a la gente de pueblo. Si no hubiera sido así, no sé si me hubiera podido manejar como lo hago. Los alumnos y los técnicos que me acompañaban, gente de la gran ciudad, tienen cierta dificultad para lograr una eficiente comunicación

con la gente del campo. Incluso ese conocimiento era útil para saber cómo recorrer los campos siguiendo las huellas marcadas para evitar pozos o cuevas ocultas. La gente de ciudad no siempre tiene en cuenta esas cosas.

¿La gente del lugar siempre está dispuesta a brindar información?

La llegada al lugar siempre es un momento difícil y doloroso: todo son destrozos, los techos caídos, animales muertos... Entre los testigos, las mujeres son las más comunicativas; la mujer del peón, del puestero o del administrador, saben todo. En el momento del peligro, están en la casa, preocupadas y en estado de alerta, atentas a todo lo que sucede, mientras el marido o los hijos están afuera. Ellas pueden contar la historia con lujo de detalles y, esa información, es fundamental. Además, siempre están bien dispuestas para hacerlo. En cambio, los hombres suelen ser más parcos. “El viento fue fuerte”, dicen.

Usted tuvo tres hijos ¿cómo hizo para dedicarse a su trabajo?

Clara Gomez, una excelente mujer paraguaya, fue quien cuidó a mis hijos. A la semana de empezar a trabajar en mi casa, me enteré que tenía una hija de cinco años, a la que dejaba con una tía. La invité a que trajera a su hija; vivieron con nosotros durante más de diez años; Gloria fue una hermana más de mis hijos. A Clara le dediqué mi tesis de doctorado. Sin ella no hubiera podido hacerla. Hoy es una gran amiga.

¿Cómo se movilizaba para realizar las recorridas?

En 1986 pudimos comprar un auto con un subsidio del Conicet. Nos dieron ocho mil pesos, en cuotas de dos mil pesos cada dos meses. Era un Volkswagen 1500 y me dio mucha pena entregarlo, en 2001, cuando me jubilé. Me hubiera gustado que se guardara para formar parte de un museo de coches famosos. Lo había cuidado mucho. Había hecho y aprobado un curso de un año de mecánica ligera en el Automóvil Club. Yo tenía que andar por los campos, y quería estar preparada para subsanar algún desperfecto. Si bien nunca me puse a arreglarlo, saber qué era lo que le pasaba me servía para dialogar con los mecánicos y tener idea de cuánto me podían cobrar y cuánto podían demorar en arreglarlo. En realidad, el “Milki” nunca nos dejó de a pie, a pesar de caminos de tierra en malas condiciones o inundados. Además, graciosamente, cuando hubo que hacer el cambio de patente nos tocó TYT, que son las iniciales de “Tormentas y Tornados”.

Pero, desde el 71 al 86, ¿cómo viajaba?

Al principio viajaba por mi cuenta, como podía. Pero después logré un subsidio de 300 pesos, de la Universidad. El 10 de enero de 1973 ocurrió un tornado en la localidad de San Justo, en la Provincia de Santa Fe. Generó vientos de más de 400 kilómetros por hora, fue un tornado F5 según la escala de intensidad creada por Tetsuya Fujita, un especialista japonés que trabajaba en la Universidad de Chicago. Según él, hasta ese momento, el tornado de San

CLASIFICACIÓN DE LA INTENSIDAD DE LOS TORNADOS

Escala Fujita (Fue elaborada en 1971 por Tetsuya Fujita de la Universidad de Chicago).

F0 - Tornado muy débil (64 a 116 km/h)

Quiebra las ramas de los árboles. Produce daños en chimeneas, antenas de televisión y carteles.

F1 - Tornado débil (117 a 181 km/h)

Los árboles en terrenos blandos son arrancados de raíz. Los automóviles en movimientos son desplazados de su ruta. Se desprenden las coberturas de los techos y se rompen los vidrios de las ventanas.

F2 - Tornado violento (182 a 253 km/h)

Los árboles grandes son quebrados o arrancados de raíz. Se desprenden los techos de las viviendas. Destruye las casas rodantes y vuelca los camiones. Objetos pequeños actúan como proyectiles.

F3 - Tornado severo (254 a 332 km/h)

Arranca techos y paredes de viviendas prefabricadas, vuelca los trenes, eleva los automóviles del suelo y los desplaza a cierta distancia.

F4 - Tornado devastador (333 a 418 km/h)

Se generan proyectiles de gran tamaño. Los automóviles son arrojados a cierta distancia y finalmente desintegrados. Eleva y arroja a distancia las estructuras con cimientos débiles.

F5 - Tornado increíble (419 a 512 km/h)

Daña las estructuras de hormigón armado. Los automóviles se transforman en proyectiles y vuelan hasta distancias mayores de 100 metros. Ocurren fenómenos increíbles.



Justo era el más intenso registrado fuera de los Estados Unidos. Como las crónicas periodísticas decían que el viento había sido de 100 kilómetros por hora, fui a la oficina de prensa de la UBA, en la calle Viamonte, para redactar una especie de gacetilla que informara a los medios que se trataba de un tornado de gran intensidad. Al día siguiente Clarín y La Prensa informaron sobre la verdadera intensidad del tornado, mostrando la escala Fujita. Fue, también, la primera vez que se mencionaba en los diarios el estudio de los tornados en la Argentina.

¿Qué es lo que define a un tornado?

Primero, el cono nuboso giratorio; luego, si eso no fue observado porque ocurrió de noche o en medio de la tormenta, las características son: objetos elevados por el aire y depositados a distancias considerables, corta duración del golpe de viento, estrecha franja de destrozos y un ruido muy peculiar.

¿Usted estudió con Fujita?

No estudié con Fujita. Lo conocí cuando vino a la Argentina a dar un curso sobre satélites. Yo venía leyendo sus trabajos, donde aprendí a entender los rastros, y después, lo visité por unas pocas horas en Chicago donde me dio buenas indicaciones. También leí los trabajos de Alfred Wegener, geofísico y meteorólogo alemán, creador de la teoría de la deriva continental, que había estudiado también los tornados. Él propuso la primera teoría coherente de por qué una tormenta desarrolla un mesociclón en su interior.

¿Cómo es la explicación?

La velocidad del viento, por la fricción, es casi cero contra el suelo y recién en las primeras centenas de metros toma el valor que las fuerzas de presión le exigen. Esta distribución del viento con la altura genera rollos o torbellinos de eje horizontal que, en condiciones muy especiales bajo una nube de tormenta, son transportados por las corrientes ascendentes hacia arriba verticalizándolos. Gran parte de las teorías actuales tienen su base en la de Wegener.

¿Un tornado tiene siempre un recorrido muy limitado?

La traza de daños puede tener un largo de 10 kilómetros o más. En algunos casos, puede tener hasta mil metros de ancho, diez cuadras, generalmente es de 100 o 500 metros.

¿Qué tornados importantes recuerda?

El 13 abril de 1993, estábamos organizando en Buenos Aires una reunión del grupo internacional de Vientos Extremos, cuando ocurrió un evento en el que cayeron 56 torres de alta tensión. Hubo más de 300 tornados sobre una franja de 100 kilómetros de ancho, que se extendía desde Trenque Lauquen y Carlos Casares hasta la costa bonaerense, entre Mar del Plata y Necochea. Los participantes extranjeros del congreso, ansiosos de estudiar las fallas que habían sufrido las estructuras, nos pidieron organizar una visita a uno de los lugares. Fuimos hasta una zona en el partido de Olavarría, y bajo una persistente

llovizna los ingenieros recorrieron, entusiasmados, una por una las torres caídas. Volvimos a Buenos Aires, pasada la medianoche, empapados y llenos de barro.

¿Actualmente continúa con el trabajo, a pesar de haberse jubilado?

Me contratan empresas que necesitan el estudio de casos particulares. Actualmente estoy formando, junto con el licenciado Luis Rosso, un grupo en el SMN para que continúe esta tarea.

¿Para qué les sirve a las empresas esa información?

Los entes reguladores aplican penalidades, por ejemplo, a las empresas que transportan energía al producirse una interrupción del servicio debido a una falla en los sistemas. El informe del evento que yo presento a una empresa es elevado al ente regulador correspondiente que evalúa si corresponde la aplicación de la penalidad.

¿Hay algo que hubiera querido hacer y no hizo?

Siempre pensé que sobre una hectárea en algún campo del centro de la Provincia de Buenos Aires se podría montar un Instituto para estudiar las tormentas. En una oportunidad, estuve analizando daños en una estancia en María Lucila, cerca de Henderson, donde habían muerto la cocinera y su nieta. Hablando con el dueño, él estaba dispuesto a donar una hectárea del terreno si nosotros obteníamos apoyo institucional para construir un edificio que tuviera todo lo necesario para investigar in situ las tormentas comunes o severas. Por ejemplo, un radar, un sistema de detección de rayos, una estación meteorológica automática y un espacio para albergar temporalmente a investigadores o a aspirantes al doctorado. También instalaciones para hacer reuniones científicas sobre el tema con grupos pequeños. No se dieron las condiciones ni un apoyo institucional, o quizá, el acortado trecho de vida útil por delante no me lo aconsejaba. Es un sueño que no pude cumplir. |

Cómo internet está cambiando nuestros cerebros

Pensamientos líquidos

por Federico Kukso | fedkukso@gmail.com

Los nuevos estímulos que ofrece la tecnología parecen haber cambiado algo puertas adentro, en nuestro cerebro. La poca concentración, el estado de alerta permanente o el uso de "la memoria externa" que significa la web son factores comunes en la mayor parte de los usuarios de internet y de celulares. En esta nota, un recorrido por varias voces de especialistas que aportan su visión sobre las posibles alteraciones en las funciones cerebrales.

A la irlandesa Eleanor Maguire le encantan los taxis. Cuando esta neurocientífica de la University College London, Inglaterra, se sube a uno de los tradicionales *black cab* londinenses siente que abandona el mundo en el mismo instante que cierra la puerta. De hecho, es tan adicta a este medio de transporte que fue arriba de uno de estos bólidos negros donde se le ocurrió la idea de un experimento para constatar cómo nuestra experiencia, las actividades que realizamos todos los días, alteran la fisonomía de nuestros cerebros.



CePro-EXACTAS



Eleanor Maguire investigó los cerebros de taxistas londinenses para intentar develar cómo afecta el continuo ejercicio de la navegación el desarrollo de sus conexiones nerviosas.

No tuvo que buscar mucho a sus sujetos de estudio en una de las ciudades más complejas del mundo. Lo tuvo todo el tiempo frente suyo. Ahí estaba, dándole la espalda en su vuelta a casa. Desde aquel día de 1999, los taxistas se volvieron sus mejores amigos. Conversó largas horas con ellos, les preguntó cómo hacían para recordar más de 250 mil calles y lugares diferentes, si se confundían u olvidaban los recorridos. Y cuando se le acabaron las preguntas, Eleanor Maguire recurrió a una de sus herramientas favoritas: un escáner cerebral.

Así fue como durante el primer tramo del año 2000, esta investigadora se obsesionó con los cerebros de once conductores de taxis. A cada uno de estos hombres le pedía lo mismo: que, luego de vendarse los ojos y ponerse bien cómodo dentro de un tomógrafo, les describiera —a ella y a los demás miembros de su equipo— los caminos que tomaría para ir de un punto al otro de la ciudad. Por ejemplo, desde Grosvenor Square a la estación de metro Bank.

Y entonces, se hizo la luz. Las imágenes no tardaron en delatar el proceso mental de cada uno de estos individuos. Cada vez que un taxista imaginaba un recorrido, el hipocampo —es decir, aquella estructura cerebral bautizada así por su curiosa semejanza a un caballito de mar— se iluminaba como una lamparita. Allí, concluyó Maguire, se encuentra el centro de navegación del cerebro.

Pero la curiosidad de la investigadora no se agotó ahí. Y volvió a insistir diez años después cuando citó a un nuevo grupo de taxistas y con una tecnología de imágenes de resonancia magnética un poco más avanzada reveló toda una deformación profesional: que el hipocampo de los taxistas es más grande que el de otros conduc-

tores. Es más, el equipo liderado por esta neurocientífica constató que mientras más años lleva manejando uno de estos individuos, más grande es su hipocampo posterior. “Posiblemente el continuo ejercicio de navegación —concluye la investigadora en un paper publicado en *Proceeding of the National Academy of Science*— aumenta el número de conexiones nerviosas cerebrales de la región posterior del hipocampo, aumentando así su tamaño”.

No fue la primera ni fue la última vez que un grupo de científicos se inmiscuyó en la intimidad cerebral de una “tribu” en particular (están los que les pusieron capuchas con electrodos a monjes tibetanos, a bebés y a cantantes). Pero lo que hizo Maguire fue un poco más allá. Con el consecuente y esperado rebote mediático que tuvo su investigación, puso en evidencia la plasticidad de aquel pedazo de carne que cargamos entre nuestras orejas y que hacen que seamos quienes somos. Es más: esta neurocientífica irlandesa exhibió evidencias indiscutibles de que esa “cosa” a veces tan indefinible pero humanamente esencial llamada cultura deja sus trazos en lo más profundo de nuestra corporalidad. O mejor aún: que lo que hacemos a diario —compulsivamente, con ganas, porque nos obligan, porque no tenemos otra o, lisa y llanamente, porque sí— no sucede de nuestras narices para afuera. Nuestras rutinas, más bien, alteran —para bien o para mal, está por verse— la manera en que nuestras neuronas dialogan las unas con las otras. O lo que es lo mismo: la cultura recablea nuestros cerebros.

La nueva dependencia

Desde entonces y cada vez con más fuerza, no uno sino muchos investigadores, curiosos y críticos, redirigieron su mirada hacia nuestro no tan nuevo ecosistema tecnológico. Pero esta vez no para reveren-

ciar el último vástago de la técnica, sino para interrogarlo.

Internet se infiltró en nuestra piel. Las computadoras, los celulares, la red son la nueva naturaleza en la que nos movemos y alimentamos. Es un hábitat informacional del que difícilmente se puede escapar. Vivimos conectados y cuando nos quitan forzosamente el chupete electrónico —la notebook, el celular o cuando de un momento a otro se corta internet— comienzan a florecer los primeros síntomas tortuosos de la abstinencia. Inocentemente, pensamos que somos nosotros los que usamos la tecnología, cuando en realidad, es ella la que nos usa y en el camino reconfigura nuestra forma de pensar, sentir y mirar el mundo.

En el fondo, lo intuimos. Nuestro cuerpo lo sabe. Algo cambió desde aquella época en la que las computadoras eran enormes monstruos de metal, a hoy en que es casi imposible comunicarse, trabajar, existir sin estas herramientas. Leer un libro de un tirón es una misión cada vez más imposible. Recordar un número de teléfono, una dirección, un cumpleaños, se volvió ahora toda una hazaña mental. Para toda una generación, chequear los mails es una necesidad casi tan básica como tomar un vaso de agua.

La revolución interior

“Los efectos de la tecnología no se dan en el nivel de las opiniones o los conceptos —escribió hace décadas uno de los genios más citados pero menos leídos de la literatura mediática universal, el canadiense Marshall McLuhan—. Más bien alteran los patrones de percepción continuamente y sin resistencia”.

Hasta que el periodista Nicholas Carr no arrojó la primera piedra y se hizo una pequeña gran pregunta, nadie se atrevía a confesarlo: “¿Google nos está haciendo estúpidos?”, se preguntó Carr en un ensayo publicado en 2007 en la revista *The Atlantic*. Ahí, el autor subrayaba cómo él ya no podía concentrarse como antes, cómo se la pasaba (y pasa) pensando en forma de links, saltando de una cosa a la otra, lo cual no hacía más que corroer su pensamiento crítico y alentar una mirada superficial.



“Mientras más confiamos en las computadoras para ser el medio por el que entendemos el mundo, es nuestra propia inteligencia la que se está convirtiendo en inteligencia artificial”, decía por entonces. Pasaron los años, Carr escribió y firmó otros libros como *The Big Switch: Rewiring the World, from Edison to Google* y su postura y mirada se fortalecieron gracias a las investigaciones que describían numéricamente el nuevo estado de aturdimiento mental del mundo.

Lo que comenzó como una pregunta y una respuesta en 4000 palabras –el artículo de Carr puede leerse en <http://bit.ly/cXNeCU>– creció y tomó forma de libro: *The Shallows: what the internet is doing to our brains* (publicado recientemente en Argentina como *Superficiales: ¿Qué está haciendo internet con nuestras mentes?*, de la Editorial Taurus). “El cerebro humano se adapta rápidamente a su ambiente –se extiende Carr–. Esta adaptación ocurre a nivel biológico en la manera en

que nuestras neuronas se conectan entre sí. Las tecnologías con las que pensamos, que incluyen los medios que usamos para acaparar, acumular y compartir información, desempeñan un rol fundamental al moldear nuestras formas de pensar. Si bien soy ahora bastante ágil al navegar por los rápidos de la red, he experimentado un retroceso en mi habilidad de mantener la atención. La red carcome mi capacidad de concentración, contemplación, introspección. Mi mente espera ahora tomar información de la manera en que la red la distribuye: en un dinámico chorro de partículas. La red erosiona la habilidad humana de entablar modos de pensamiento más calmos y meditativos. Si bien muchos estamos agradecidos por las riquezas de la red nos preocupan los efectos a largo plazo en la cultura intelectual, colectiva e individual”.

DESDE EL BORDE

Como viene haciendo desde 1998, el sitio Edge.org –aquel que reúne a la llamada “tercera cultura” o sea, la que tiende puentes entre las ciencias y las humanidades– lanzó en el año 2010 a la comunidad científica internacional una pregunta para radiografiar el estado de una cuestión en un momento determinado. “¿Cómo está cambiando Internet tu forma de pensar?” fue el interrogante elegido. Todo tipo de investigadores, científicos y pensadores compartieron sus respuestas. Estas son algunas de ellas:

“Internet altera nuestras funciones cognitivas: pasamos de buscar información dentro de nuestra mente a buscarla fuera de ella. El hombre moderno tiene una memoria de largo plazo poco entrenada y nos cuesta recordar grandes cantidades de información. Internet amplificó esta tendencia pero nos enseñó nuevas estrategias para encontrar lo que uno quiere usando buscadores. Internet es nuestra gran memoria colectiva”.

Gerd Gigerenzer, psicólogo alemán.

“Internet permite que las personas aprovechen cualquier idea que surja en la cabeza de alguien en el mundo. Esto cambió mi manera de pensar sobre la inteligencia humana. Internet es la más reciente y mejor expresión de la naturaleza colectiva de la inteligencia humana”.

Matt Ridley, zoólogo inglés.

“Internet cambia cada aspecto del pensamiento del humano online: percepción, categorización, atención, memoria, navegación espacial, lenguaje, imaginación, creatividad, resolución de problemas, juicio, toma de decisiones. Gmail estructura mi atención: ¿borro, respondo o le pongo al mail una estrellita para contestar luego? Wikipedia es mi memoria extendida. Google Maps cambia cómo me muevo a través de mi ciudad y el mundo. Y Facebook expande mi entendimiento de las creencias y deseos de los demás”.

Geoffrey Miller, psicólogo evolucionista.

La fábrica del olvido

No nos damos cuenta inmediatamente, pero las tecnologías alteran la manera en la que vemos el mundo. Como recordaba el sociólogo e historiador de la tecnología Lewis Mumford, en el siglo XIII el reloj mecánico permitió la cuantificación del tiempo y cambió para siempre la forma de trabajar, comprar y actuar. La imprenta en el siglo XV instauró el pensamiento lineal.

Ahora les toca el turno a internet y a los celulares. Por ejemplo, ya no es necesario recordar: las máquinas lo hacen por nosotros. Wikipedia, blogs, flogs, redes sociales, videos online, agendas digitales: el conocimiento y los recuerdos no están adentro sino afuera. Nuestras memorias se trasladaron del cortex cerebral a aquel megacerebro mundial que se alimenta de recuerdos, la web. El olvido digital (o el Alzheimer tecnológico), así, es la cara oculta de la obsesión tecnológica por la memoria. El español Manuel Castells considera que las sociedades contemporáneas care-



cen de temporalidad: no tienen ni pasado ni futuro y por lo tanto no tienen memoria. Las tecnologías nemóticas –cámaras, grabadores– reconfiguran lentamente las neuronas de los nativos digitales, aquellos que no conocen, ni se imaginan un mundo sin iPods, celulares, computadoras donde volcar sus recuerdos efímeros.

Adaptación cerebral

“Vivimos una época en la que el exceso de información nos abruma y casi no hay tiempo para detenerse a pensar –advierte el neurocientífico Rodrigo Quián Quiroga, jefe de bioingeniería de la Universidad de Leicester (Inglaterra), profesor visitante del Departamento de Física de la FCEyN-UBA y autor del reciente libro *Borges y la memoria* (Ed. Sudamericana)–. Estamos online todo el tiempo. Con tantos datos en la cabeza tendemos a la dispersión incansante. Uno se encuentra en un estado de alarma permanente. No nos damos cuenta de lo adictivo que es la información y cómo la tecnología corroe nuestras capacidades cognitivas, nuestro poder de abstracción y reflexión. En cinco o diez años vamos a hablar de internet como ahora hablamos del vino: si te tomás una copa está bien, pero si tomás mucho tenés un problema”.

Se sabe: cada generación se adapta al cambio. La Historia (así, en mayúsculas) es una larga cadena de transformaciones en pos de la supervivencia: la aparición de la agricultura, la pólvora, la revolución industrial, el telégrafo, la radio, la tv y ahora Internet y los celulares. Con una pequeña diferencia: desde que nuestros antepasados más remotos descubrieron cómo usar una herramienta, el cerebro humano nunca fue afectado de un modo tan rápido y drástico como lo está siendo ahora. Como nunca ocurrió hasta el presente, nuestros cerebros están expuestos a una tormenta de estímulos desde que nos despertamos hasta que vamos a dormir a la noche.

“El uso de la tecnología digital altera nuestros circuitos cerebrales”, señala Gary Small, neurocientífico de la Universidad de California (Estados Unidos). Aunque lejos de resaltar lo malo, este investigador subraya lo bueno. “En un grupo de voluntarios de más de 55 años –cuenta– comprobamos que el uso de internet tiene resultados positivos para el funcionamiento del cerebro. El problema surge cuando se exagera. Pasar 10 horas por día frente a la computadora puede reducir las aptitudes de una persona para el contacto personal, como mantener una conversación cara a cara. Una elevada exposición a la tecnología disminuye nuestra capacidad de captar ciertos detalles durante una conversación. Dejamos de leer las informaciones no verbales como la postura corporal y los gestos”.

Los cerebros que le preocupan a Gary Small, en realidad, son los de los adolescentes, cuyos cerebros no desarrollaron completamente el lóbulo frontal, la sección que nos diferencia de los animales y que controla los pensamientos más complejos y nuestra capacidad de planificación. Ellos (y ellas) –los llamados “nativos digitales”– están más indefensos ante el alud informativo y al cambio de mentalidad.

En unos pocos años nos volvimos cazadores de datos, adictos informativos. “Como tendemos a buscar constantemente información en internet, nuestra mente va de un sitio a otro –continúa Small–. La tecnología nos incita a seguir siempre adelante, en lugar de hacernos parar para reflexionar. La revolución digital nos sumergió en un estado de continua atención parcial. Estamos permanentemente ocupados. No tenemos tiempo para reflexionar, analizar o tomar decisiones meditadas. Las personas pasan a vivir en un constante estado de crisis, en alerta permanente, sedientas de un nuevo contacto o de un nuevo *bit* de información. Vivimos hiperexcitados.

Las redes sociales son particularmente seductoras. Nos permiten satisfacer de manera constante nuestro deseo humano de compañía e interacción social”.

Obviamente, no está todo dicho y hay voces críticas. “No estoy tan seguro que si, como se dice, tenemos menor capacidad de atención que antes –confiesa el neurobiólogo argentino Iván Izquierdo, uno de los pioneros en el estudio de los mecanismos de la memoria–. En este mundo donde hay tanta cantidad de estímulos que muchas veces nos distraen, confunden y perturban, aguantamos bastante bien. El instrumento que el cerebro tiene para aguantar tanto bombardeo de estímulos es la memoria de trabajo; y funciona. Se encarga de discriminar lo importante entre lo irrelevante. Parece no hacerle daño tanto estímulo. Es como un gran director de orquesta”.

Internet, así y todo, continúa siendo un campo fértil de contradicciones. Nos hace más estúpidos y más inteligentes al mismo tiempo. Alienta todo tipo de teorías conspirativas y también nos brinda la posibilidad de desarrollar un nuevo tipo de sociabilidad, compartir opiniones, puntos de vista a una escala hasta ahora nunca imaginada.

Como dice el gran neurobiólogo francés Jean Pierre Changeux, la cultura esculpe nuestros cerebros. “No somos observadores neutrales –cuenta–. La cultura, la sociedad y el ambiente nos transforman. En todo el desarrollo del ser humano hay una gran plasticidad. Nuestros cerebros producen cultura y la cultura se internaliza en nuestros cerebros”.

Nos cambie la tecnología como nos cambie, lo cierto es que hay un hecho indiscutible: ya no hay vuelta atrás. Nos transformó por fuera y por dentro. |

Tomografía a los grandes reptiles

¿Qué tenían los dinosaurios en la cabeza?

por Paula Falaschi | marsilea2001@yahoo.com.ar

Usando látex líquido y, como molde, el cráneo fosilizado de un dinosaurio, los especialistas pueden reconstruir en detalle el contorno del cerebro de aquellos grandes reptiles. Y, a partir del estudio tomográfico de los modelos, es posible especular más certeramente sobre su inteligencia, comportamiento y contar con más elementos para estudiar su evolución.

La sala de espera para el tomógrafo está repleta de personas que aguardan ser llamadas. Sentadas o paradas, algunas hablan entre sí, mascullando palabras inteligibles, otras refunfuñan. Cuando pasa la secretaria, todos alzan la cabeza esperando una llamada que no llega, y vuelven a hundirse en un rumiar de pensamientos que tal vez preferirían evitar. Por fin, se abren las puertas del tomógrafo, y todas las miradas se dirigen hacia el que sale, no sin evitar cierto rencor. Pero las miradas se sorprenden con un “paciente” que va en brazos de una mujer. Y que, además, dista mucho de ser un paciente humano.

Estamos en Plaza Huincul, provincia de Neuquén. Camino al Museo Carmen Funes, la doctora en paleontología Ariana Paulina Carabajal sostiene en sus brazos al “paciente” como si fuera un tierno bebé. Nos cuenta que se trata del cráneo de un dinosaurio carnívoro, que habitó las tierras de la actual provincia de Neuquén en el período Cretácico, hace unos 80 millones de años, y que aún espera ser bautizado por sus padres humanos.

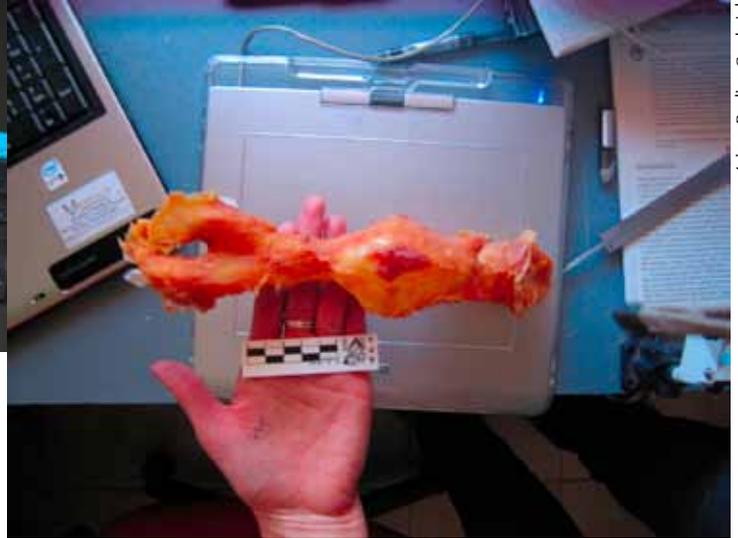
Ya dentro de la oficina, Paulina Carabajal coloca el cráneo petrificado sobre su escritorio, junto a otro objeto de forma peculiar, que no es un cráneo, pero casi. El objeto en cuestión es alargado, de forma indefinida, consistencia gomosa y color gris. Para ella, este objeto habla por sí solo, y devela secretos de millones de años. Se trata de una réplica en látex del cerebro de un dinosaurio, preparado por ella





Ariana Paulina Carabajal

Molde endocraneano de látex de *Giganotosaurus* (estudio: Paulina Carabajal y Canale, 2010)



Ariana Paulina Carabajal

misma utilizando una de las técnicas más tradicionales en estudios paleoneurológicos. Es decir, aquellos que permiten saber cómo era el sistema nervioso de animales extinguidos, y más específicamente, del cerebro con todos sus anexos. En el caso del cerebro dinosauriano, estudiarlo permite a los paleontólogos, en primer lugar, establecer similitudes y diferencias entre distintos grupos de dinosaurios. Pero lo más interesante de estos estudios es que permiten inferir, en base a las proporciones entre las distintas partes del cerebro, qué tan desarrollados habrían estado los sentidos de estos animales, y así conocer mejor sus hábitos de vida. Más aún, al compararlos con el cerebro de las aves actuales, los especialistas pueden saber qué modificaciones ocurrieron en el cerebro de los dinosaurios en su camino evolutivo hacia las aves; y que, junto a modificaciones del esqueleto, del metabolismo, y la aparición de las plumas, resultaron fundamentales para adquirir la capacidad de vuelo. Todas estas pistas sugieren cada vez con más fuerza que las aves que cantan a nuestro alrededor son realmente dinosaurios vivientes.

Pero, ¿resulta posible tener un fósil cerebral? La especialista, egresada de la carrera de paleontología de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata, nos explica lo siguiente: “Encontrar un cerebro fosilizado sería el sueño de muchos paleontólogos pero, lamentablemente, no es posible. El cerebro, al igual que cualquier otra parte blanda del cuerpo de un animal, comienza a descomponerse inmediatamente luego de su muerte. Por ello, el único rastro de su

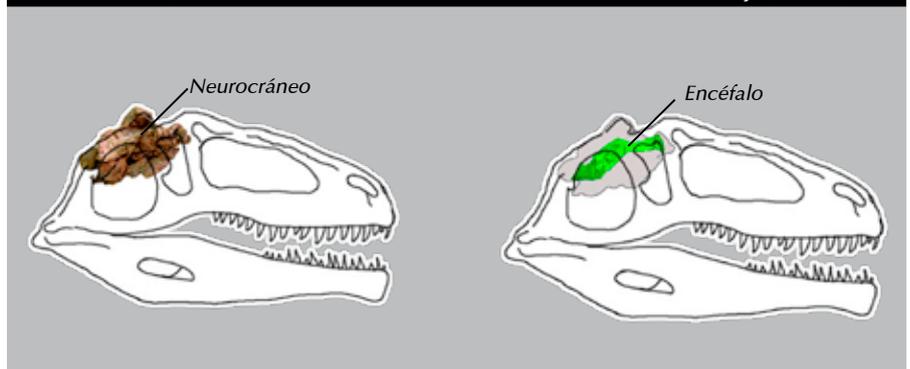
presencia en un esqueleto de millones de años, como en un dinosaurio, es la cavidad que el cerebro ocupaba”.

La cavidad del cerebro se ubica en la parte posterior del cráneo, recubierta por una cápsula de hueso resistente que provee al cerebro una protección fundamental durante la vida del animal. Esta “cápsula” ósea, llamada neurocráneo, puede preservarse como fósil precisamente gracias a la dureza y composición mineral del hueso.

Hace poco más de una década, las nuevas tecnologías permiten además reconstruir cómo habría sido el cerebro propiamente dicho. Estudiar el cerebro de un dinosaurio requiere técnicas específicas, que comienzan con la preparación del neuro-

cráneo, con el objetivo de vaciarlo para recuperar la cavidad lo más parecida a como era en vida del animal. “Cada ejemplar es único –puntualiza Paulina Carabajal–. A veces es posible tratar inicialmente el cráneo con ácidos, pero los ácidos pueden dañar el hueso, debido a su composición mineral. Lo usual es que quitemos el sedimento del cráneo en forma manual, usando agujas finas que permiten remover granito por granito. Accedemos a la cavidad del cerebro a través de un pequeño orificio ubicado en la parte posterior del cráneo, allí donde el cerebro se comunica con la médula. Pero si el sedimento es muy duro, debemos recurrir al uso de martillos neumáticos, y en ese caso preparar la cavidad va a ser mucho más difícil. En casos excepcionales, tenemos el neurocráneo vacío,

ESQUEMA DE CRÁNEO, NEUROCRÁNEO Y ENDOCRÁNEO EN *GIGANOTOSAURUS* PARA MOSTRAR LA RELACIÓN DE TAMAÑO ENTRE LAS PARTES (de la tesis de doctorado de Ariana Paulina Carabajal, 2009).



gracias a que el relleno sedimentario se disolvió naturalmente en algún momento de su historia geológica”.

Reconstruyendo el cerebro

Una vez preparada la cavidad cerebral, está lista para ser estudiada mediante técnicas más complejas y revelar así los detalles del cerebro. Actualmente, los paleoneurologos utilizan dos técnicas principales: tomografía computada y réplicas hechas en látex.

La tomografía “corta” el neurocráneo en rodajas. Cuantas más rodajas se obtengan, más fiel será la reconstrucción del cerebro: más de 400 “rodajas” pueden ser necesarias para el estudio de un único ejemplar. Las imágenes permiten distinguir partes con diferente densidad: todo lo que es hueso, en la tomografía se va a ver de color blanco, y todo lo que está hueco, de color negro. Mediante programas específicos, se “pinta” el hueso de un color, la cavidad del cerebro de otro y otras cavidades anexas con diferentes colores. Por eso es tan importante vaciar lo mejor posible las cavidades: si el cráneo tuviera restos de sedimento de densidad similar a la del hueso, sería imposible diferenciar nada. Luego, el programa permite reunir la información de estas rodajas en una única imagen, que es precisamente la reconstrucción tridimensional del cerebro y sus anexos.

Las réplicas de látex se realizan en forma casi artesanal, untando con látex líquido

las paredes internas de la cavidad cerebral. Así, se obtiene un molde interno, que se extrae luego a través del orificio posterior del cráneo, dando vuelta la réplica a modo de guante de goma. “Los resultados son sorprendentes: el cerebro de los grandes dinosaurios, como el famoso carnívoro argentino *Giganotosaurus carolinii*, ocupaba no más de nuestras dos palmas juntas, mientras que el animal en vida podía alcanzar hasta 12 metros de largo –explica la paleontóloga–. Otros carnívoros más pequeños poseían cerebros que cabían en una sola palma humana. La réplica de látex permite observar el “cerebro” directamente. Al tenerlo en la mano, puedo girarlo, observarlo desde cualquier ángulo, sin necesidad de imaginar ninguna de sus perspectivas. Además, hay algunas marcas muy pequeñas, como de venitas o de uniones entre huesos, que sólo se pueden ver en la réplica, y no en la tomografía. En cualquier caso, se trata de técnicas complementarias”.

Una vez obtenida la reconstrucción tridimensional del cerebro, ya sea por tomografía o por réplicas de látex, es posible describir cómo habría sido su forma y también el desarrollo relativo de las distintas partes. Esto permite comparar los cerebros de diferentes dinosaurios y sugerir relaciones entre especies, familias y grupos mayores de dinosaurios; como por ejemplo entre dinosaurios herbívoros y carnívoros. “Los herbívoros en general, y particularmente los grandes saurópodos

de cuello y cola largos, tenían cerebros globosos y cortos; en cambio, los carnívoros (terópodos) tenían cerebros más alargados y comprimidos lateralmente” –señala Paulina Carabajal–. Otra diferencia interesante reside en una prolongación del cerebelo, llamada proceso flocular, que está muy desarrollada en dinosaurios carnívoros y también en las aves actuales, que sabemos hoy que derivan directamente de ciertos dinosaurios carnívoros. En cambio, este proceso flocular está ausente en la mayoría de los saurópodos, que no están emparentados con las aves. Esto nos hace pensar que esta parte del cerebro se relaciona con el andar bípedo que tuvieron los dinosaurios carnívoros. Las aves, no sólo caminan en dos patas, sino que también vuelan, y la complejidad de estos movimientos estaría reflejada en el gran desarrollo de este proceso flocular.”

Aves de buen olfato

Dentro de los dinosaurios carnívoros, los más evolucionados son los dromeosáuridos o maniraptoros, como el famoso Velociraptor, o, volviendo a nuestro país, el *Unenlagia comahuensis* de la provincia de Neuquén. Estos dos dinosaurios, a semejanza de otros dinosaurios carnívoros denominados “avianos”, precisamente por su vínculo con las aves modernas, poseían plumas que les habrían permitido mantener la temperatura corporal. Su esqueleto sugiere que, además, habrían podido mover los brazos de un modo similar al de las aves.

A la izquierda, aspecto que habría tenido en vida el Archaeopteryx. A la derecha, modelo tridimensional de su cerebro, comparado con el cerebro de un cocodrilo moderno y una paloma.

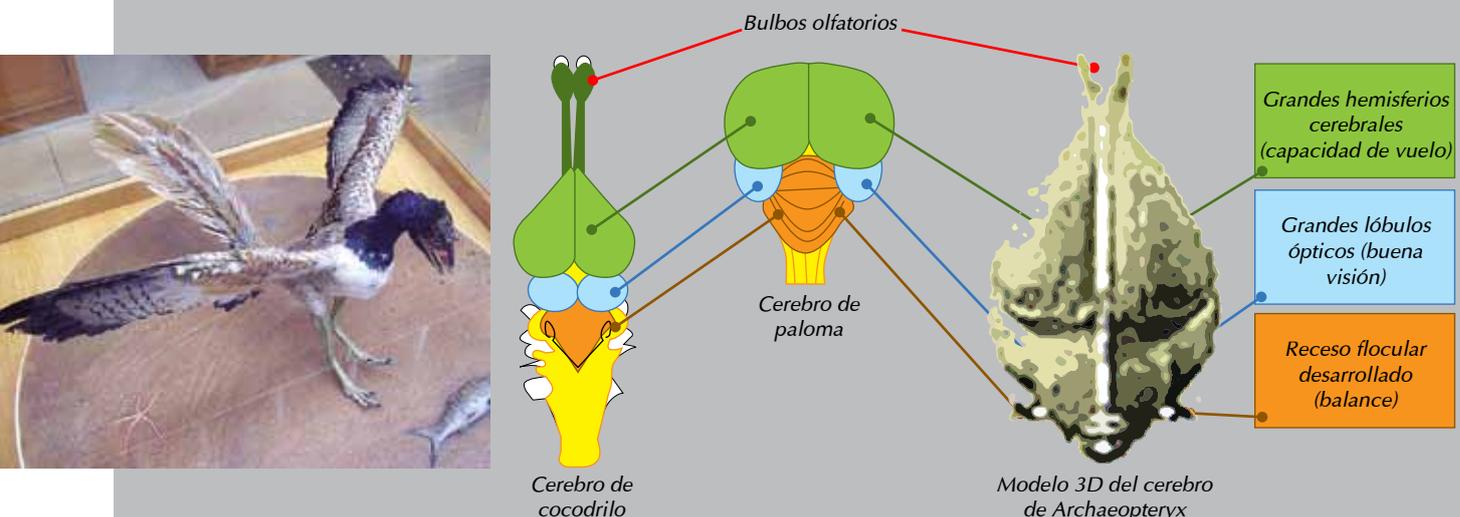


Gráfico basado en: E.Stokstad (2005) T.rex gets sensitive. Science 310: 966-967

El cerebro de estos dinosaurios avianos era mucho más parecido al de las aves que al del resto de los dinosaurios carnívoros. Tanto estas “paleoaves” como sus descendientes vivientes poseen hemisferios cerebrales, cerebelo y lóbulos ópticos muy desarrollados. Esto les habría permitido no sólo ver mejor, sino también moverse en forma variada y responder a los estímulos del ambiente en forma más compleja y activa. Darla Zelenitsky, paleontóloga de la Universidad de Calgary en Alberta, Canadá, puntualiza: “El *Archaeopteryx*, un ave primitiva que comenzó a volar en el período Jurásico (unos 150 millones de años) poseía un cerebro muy similar al de las aves. Pero tenía bulbos olfatorios bien desarrollados, que son los anexos del cerebro relacionados con el sentido del olfato. Por este motivo, consideramos que tenía un buen sentido del olfato, comparable al de los dinosaurios carnívoros, además de una vista muy aguda. Las aves actuales no tienen el olfato muy desarrollado, y deben haberlo perdido en algún momento de su evolución”.

“Darnos una idea de qué tan desarrollados estaban los distintos sentidos en un dinosaurio, no es una tarea fácil –subraya Paulina Carabajal–. Las aves actuales descienden de ciertos dinosaurios carnívoros, pero han cambiado mucho a lo largo de su evolución. Entonces, podemos sacar algunas conclusiones cuando comparamos los cerebros de los dinosaurios con los de las aves y de los reptiles actuales más emparentados: los cocodrilos, pero no podemos obtener resultados absolutos. La capacidad de visión, audición y olfato de los dinosaurios carnívoros no avianos fue probablemente similar al de los cocodrilos actuales. Por ejemplo, siempre se dijo que el tiranosaurio rex tenía grandes bulbos olfatorios que le habrían permitido oler a sus posibles presas y también a cadáveres en descomposición a largas distancias. Estos estudios del cerebro se complementan con estudios biomecánicos, que permiten inferir qué fuerza tenía el dinosaurio en la mandíbula y por ende si habría podido destrozarse carne y hueso también. Gracias a este tipo de análisis integral, sabemos que el tiranosaurio podía romper hueso, y pudo ser tanto carroñero como depredador.”

Pero volviendo a la paleoneurología, otro dato muy interesante que se obtiene de los estudios tomográficos es el detalle del oído interno de estos animales. El oído interno



Tomografiando un ejemplar. Un técnico explicando el proceso, Ariana Paulina Carabajal y el doctor Philip Currie (Universidad de Alberta, Canadá).

es un órgano blando que se aloja en una cavidad propia, muy próxima al cerebro (Ver Infografía 1). Está dividido en dos partes: una que se dedica a “escuchar” y transmite los sonidos al nervio auditivo; y otra que se dedica al equilibrio y balance del animal. Esta segunda parte está formada por tres tubitos membranosos rellenos de líquido, llamados canales semicirculares. Uno de estos tubitos es horizontal y paralelo al suelo, y es precisamente el que nos permite distinguir hacia donde es arriba y hacia donde abajo, por ejemplo luego de dar una vuelta carnero o de haber girado en forma descoordinada. Las marcas dejadas por los canales del oído interno en los huesos que lo protegían, permiten orientar la cabeza de los dinosaurios respecto del resto de su cuerpo y de la línea del suelo.

Midiendo la inteligencia

Los especialistas estiman el volumen del cerebro de un animal extinguido de dos formas complementarias: las imágenes tomográficas permiten hacer un primer cálculo. Luego, se puede obtener también una réplica sólida de la cavidad cerebral, sumergirla en agua, y en base al volumen de agua desplazada, se llega a conocer el volumen del cerebro. Así se sabe que el volumen de los cerebros dinosaurianos fue, en términos generales, mucho más grande que el de los reptiles y aves actuales: Giganotosaurus, por ejemplo, tenía un cerebro que ocupaba unos 250 cm³; otros carnívoros apenas llegaban a la tercera parte de este volumen. Un cocodrilo moderno tiene un cerebro de apenas 15 cm³, y las aves tienen cerebros de volumen muy variable,

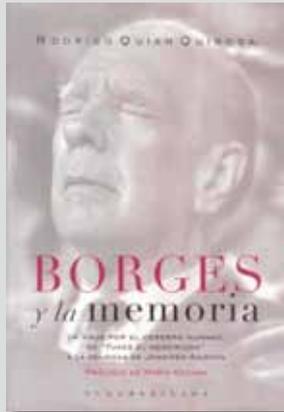
un avestruz puede alcanzar los 41 cm³, pero otras aves como la paloma alcanzan escasamente los 2 cm³.

Cabe ahora preguntarnos: ¿podemos hablar de dinosaurios más y menos inteligentes en base al tamaño de su cerebro? “No es posible hacer una relación directa entre el tamaño del cerebro y la inteligencia del animal, no existe ningún tipo de regla que los vincule. –responde Paulina Carabajal– Si comparamos el cerebro del tiranosaurio, que es enorme, con el de un dromeosáurido, que es mucho más chico, diríamos que el tiranosaurio era mucho más inteligente, pero este razonamiento no tiene fundamento científico. Lo que hacemos es calcular un índice que relaciona el tamaño del cerebro con el tamaño corporal. Se llama índice de encefalización, y de algún modo, mide la inteligencia del animal. Giganotosaurus tiene un índice de 1,4; los dinosaurios avianos y *Archaeopteryx* índices de 3 o más, y las aves actuales, alrededor de 5,8. Resulta claro que, los dinosaurios que dieron origen a las aves poseían cerebros grandes en relación a su tamaño corporal, y habrían sido más inteligentes, al menos respecto de la complejidad de comportamientos que tendrían. En todo caso, la paleoneurología de los dinosaurios está todavía en pañales. A medida que se hagan más estudios en dinosaurios de otras partes del mundo, y también en aves y reptiles actuales, vamos a tener muchos más elementos para poder comparar y darnos una mejor idea de cómo habrían sido el sistema nervioso y los sentidos en estos animales extintos.” □

Borges y la memoria

Un viaje por el cerebro humano, desde "Funes el memorioso" a la neurona de Jennifer Aniston

RODRIGO QUIAN QUIROGA
Buenos Aires, 2011
Sudamericana, 190 páginas



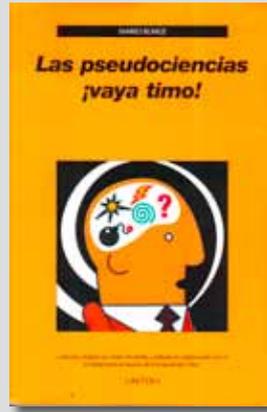
Jorge Luis Borges, en su cuento "Funes el memorioso" se sumerge de lleno en las profundidades de la memoria, sus aspectos filosóficos, su naturaleza exquisita. Leyendo con atención se descubre que en el cuento aparecen las características más sorprendentes y relevantes de esta habilidad cerebral: la capacidad de la abstracción, la necesidad del recorte, la capacidad de olvido.

El neurocientífico argentino Rodrigo Quian Quiroga pivotea sobre este hallazgo borgiano para construir un relato maravilloso: un texto de divulgación científica de prolija factura y excelente resultado. La linealidad de la prosa y la sencillez de vocabulario dan el ritmo justo para edificar la trama que cuenta el estado del arte en la investigación sobre la mente.

La genialidad de Borges se refleja en su cuento por agudas conclusiones y extrapolaciones sobre la memoria. Quian Quiroga las rescata una a una para ensamblar un texto tan entretenido como revelador. En sus investigaciones sobre fisiología neuronal realizó descubrimientos significativos (uno de los cuales cobró estado público bajo el título de "La neurona de Jennifer Aniston") que ilustran de primera mano los asuntos que los científicos de la mente deben afrontar. En esta pieza maestra de la divulgación —que es su opera prima— el autor se hace acompañar por Borges en cada disquisición... y el dúo armoniza.

Las pseudociencias ¡vaya timo!

MARIO BUNGE
Pamplona, 2010
LAETOLI, 248 páginas



Los científicos y los filósofos —escribe Bunge— tienden a tratar la superstición, la pseudociencia y hasta la anticencia como basura inofensiva o, incluso, como algo adecuado al consumo de las masas; están demasiado ocupados con sus propias investigaciones como para molestarse por tales sinsentidos. Esta actitud, sin embargo, es de lo más desafortunada". Tomando el toro por las astas Bunge se pone al hombro el análisis preciso de las pseudociencias, el calado profundo de sus perjuicios a la sociedad, y el estudio crítico de sus filosofías subyacentes.

Son once artículos sin desperdicio alguno. Desde la refutación de engaños comunes, hasta sabios consejos para escépticos políticos. Desde la caracterización epistemológica de las pseudociencias, hasta la denuncia lisa y llana del vil engaño. El sutil límite entre la ciencia y la pseudociencia es tratado por un Bunge auténtico: conciso, demoledor.

Pasan por su tamiz epistemológico tanto las viejas pseudociencias como los relativamente nuevos deslices de los científicos que a más de uno harán reflexionar. Por eso este libro es indispensable para todo intelectual preocupado por la sociedad, todo académico a quien no le guste mirarse eternamente el ombligo, todo dirigente que se sienta comprometido con el prójimo y con la verdad.

La medicina no fue siempre así

MARTÍN DE AMBROSIO,
ILEANA LOTERSZTAIN,
Ilustraciones de **JAVIER BASILE**
Buenos Aires, 2011
lamiqué, 40 páginas



Ideal para los niños y oportuno para los grandes: una sucesión interminable de anécdotas curiosas y divertidas que van jalando la historia de la medicina. Las sangrías, las cirugías sin anestesia, los brebajes, los diagnósticos tomados de cualquier cosa menos del paciente, las enfermedades más antiguas y destacadas, los personajes más emblemáticos... todo eso y mucho más aparece en este libro de registro lúdico y aleccionador.

Cada eslabón de la historia es un párrafo corto, sencillo, sorprendente, casi autocontenido, lo que resulta en una lectura apropiada para cualquier circunstancia.

Mención especial para el ilustrador que, compenetrado con el texto, construyó una pieza en la que la gráfica dice tanto o más que la prosa. Lo grotesco, lo ridículo, lo espantoso, lo cómico acompañan la historia —increíble para los chicos— de los antecesores del doctor House.

"¡Buenas noticias!", dice la contratapa del libro, "hay más cosas que no fueron siempre así"; el baño no fue siempre así, los libros..., el cine..., la escuela no fue siempre así. Está recomendado para curiosos de 8 a 108 años (y padres y maestros en aprietos). Y nosotros le damos la bienvenida a esta colección —y la recomendamos gustosamente— de "libros científicamente divertidos", que apunta a un público de niños despiertos y cuestionadores.



El reduccionismo científico (tercera parte)

por Guillermo Boido y Olimpia Lombardi

Como señalamos en artículos anteriores, el *reduccionismo ontológico* supone que los ítems —objetos, propiedades, procesos, etc.— de un cierto dominio *A* de la realidad son, en último análisis, ítems de un dominio *B* más básico. Un buen argumento en favor de este supuesto consistiría en la *reducción interteórica* correspondiente, esto es, la deducción de la teoría que describe el dominio *A* a partir de la teoría que describe el dominio *B*. Esta combinación entre reduccionismo ontológico e interteórico se encuentra en resonancia con la tradicional idea de progreso científico acumulativo.

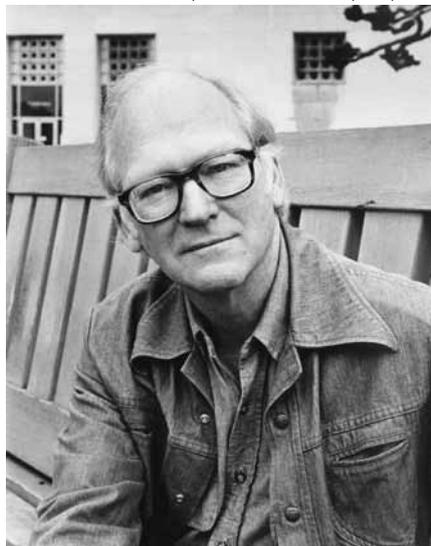
Sin embargo, ya anticipamos que la idea tradicional de reducción interteórica no tardó en manifestar múltiples limitaciones y, con ello, a privar al reduccionismo ontológico de su mejor justificación. Por otra parte, muchos autores provenientes tanto de la ciencia como de la filosofía comenzaron a encontrar insatisfactoria una perspectiva que relega todo fenómeno “no fundamental” al reino de la mera apariencia o ilusión. En este contexto se discute, por ejemplo, la relación entre macroevolución y microevolución en biología, así como el carácter objetivo o meramente subjetivo de la irreversibilidad en física.

El concepto más utilizado para dar cuenta de la relación entre diferentes dominios de lo real es el de *emergencia*: ciertos ítems de un dominio “surgen” a partir de un dominio más básico. Los ejemplos tradicionales han sido la temperatura, la conductividad eléctrica, la viscosidad y la estructura molecular. En biología, la vida misma ha sido concebida como un fenómeno emergente a partir de procesos químicos subyacentes. El problema de esta

concepción es que no queda claro qué se entiende por emergencia: a pesar del relativo acuerdo acerca de cuáles son los ítems emergentes, cada emergentista define la emergencia de un modo distinto.

En parte para afrontar este problema, otros autores acuñaron un concepto más específico, el de *supervenencia*: un dominio *A* superviene a partir de un dominio *B* si todo cambio en el dominio *A* conduce a un cambio en el dominio *B*, pero no necesariamente a la inversa. La supervenencia se manifiesta en la realizabilidad múltiple, esto es, la relación de muchos-a-uno entre el nivel subyacente y el nivel superveniente: muchos estados en el nivel subyacente dan lugar a un único estado en el nivel superveniente. Esta relación es la que algunos suponen que existe entre el nivel cerebral y el mental: un mismo estado mental, por ejemplo, de dolor, puede resultar de diferentes estados cerebrales. La realizabilidad múltiple también acontece en la relación entre termodinámica y mecánica estadística clásica: un macroestado termodinámico superveniente puede realizarse a través de múltiples microestados mecánicos diferentes.

UC Berkeley Newscenter web site y Kelly Wise



Donald H. Davidson (1917-2003), filósofo estadounidense que aplicó la tesis de la supervenencia en el ámbito de la filosofía de la mente.

Ambos conceptos, tanto el de emergencia como el de supervenencia, excluyen la reducción ontológica: los ítems emergentes o supervenientes ya no se conciben como meramente aparentes o ilusorios, sino como efectivamente existentes. No obstante, en ambos casos se mantiene la idea de dependencia ontológica de un dominio respecto del otro: si el dominio básico no existiera, el dominio emergente/superveniente tampoco existiría porque depende de aquél. El supuesto de una relación asimétrica entre dominios de lo real, que se remonta a Platón, ha llegado hasta nuestros días y se manifiesta en el discurso de la ciencia actual cuando se habla de teorías fundamentales y teorías o disciplinas secundarias. Tal vez por su tan larga historia, este supuesto se ha naturalizado hasta el punto de ser aceptado sin argumentación; no obstante, últimamente ha comenzado a ser revisado e incluso rechazado mediante argumentos formales, históricos y pragmáticos.

Para concluir con esta breve síntesis acerca del problema del reduccionismo científico, queremos enfatizar la relevancia del problema. Si bien puede suponerse que se trata de un debate de interés meramente académico sin repercusiones en la práctica de la ciencia, no es éste el caso. Muy por el contrario, se trata de una cuestión sobre la cual los científicos deberían reflexionar en profundidad, en la medida en que afecta el modo en que se conciben diferencias entre disciplinas y subdisciplinas científicas en cuanto a la importancia y el prestigio de unas respecto de otras. Sobre la base del supuesto de que existen áreas fundamentales, suelen justificarse los discursos que legitiman una distribución de recursos materiales y humanos que privilegia ciertas áreas sobre otras. Por lo tanto, la posición que se adopte en relación con esta cuestión será relevante al momento de aceptar o discutir tales discursos. □



¿Por qué se produce el viento?

Responde *Bárbara Tencer*, investigadora en el Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEyN, UBA.

El viento no es otra cosa que aire en movimiento, que se desplaza desde los centros de alta presión hacia los de baja presión, y así se compensan las diferencias. La velocidad de ese desplazamiento es proporcional a la diferencia de presión: cuanto mayor sea esa diferencia, más intenso será el viento.

Si bien el aire se desplaza en forma horizontal, también se generan movimientos verticales. En realidad, el aire recorre un circuito: cuando se acumula una masa de aire en una región de la atmósfera, ese aire luego asciende, para desplazarse a gran altura y luego descender en las regiones de alta presión. De este modo, se cierra un ciclo, que se denomina celda de circulación.

En las zonas de alta presión, el cielo suele estar despejado, pues los movimientos de

descenso impiden la formación de nubes. En cambio, en las zonas de baja presión hay abundancia de nubes y tiempo lluvioso. Ello se debe a que, si hay humedad disponible, a medida que el aire asciende, se enfría y, por ende, se condensa el vapor de agua que está presente en él.

Pero ¿por qué se forma un centro de baja presión? Hay centros de alta y baja presión que son casi permanentes. Por ejemplo, en el hemisferio sur, sobre el Atlántico y el Pacífico hay centros de alta presión que están presentes durante todo el año, y se ubican en la rama de descenso de la celda de circulación.

El motor de la circulación atmosférica es la energía solar. En la zona cercana al Ecuador, la radiación solar es más directa y se produce un mayor calentamiento. El aire caliente asciende, por convección, y

se forma lo que se conoce como celda de Hadley, que tiene su rama de descenso en latitudes medias (alrededor de los 30 grados) en ambos hemisferios. Para cerrar la celda de Hadley, hay vientos en superficie que se dirigen hacia el Ecuador, y vientos en altura que se dirigen hacia los trópicos.

La rama de descenso de la celda de Hadley en latitudes medias lleva a la formación de los anticiclones semi-permanentes sobre los océanos y también los continentes, sobre los desiertos más grandes del mundo, como el del Sahara y el desierto de Atacama. Así podría afirmarse que los centros de alta presión, que inhiben la formación de nubes, serían, en gran medida, responsables de la existencia de extensos desiertos.



¿Cómo se distribuye el agua en nuestro planeta?

Responde el doctor *José Selles Martínez*, investigador en el Departamento de Ciencias Geológicas de la FCEyN.

No es raro escuchar que nuestro planeta, en lugar de llamarse “Tierra”, debería llamarse “Agua” ya que ésta cubre aproximadamente el 70 por ciento de su superficie. Quienes promueven esta idea se basan en un grave error de apreciación. Nuestro planeta no es un círculo sino una esfera y, al tratarse de un cuerpo, deberíamos establecer la proporción en función de los volúmenes involucrados y no de las superficies relativas. En este caso, y a pesar de ser el agua imprescindible para la vida, al planeta no le queda más remedio que llamarse Tierra. El agua sólo forma una delgada capa en su exterior y, a pesar de que algo de ella hay en los materiales de la litosfera y del manto, su proporción no al-

canza a modificar la situación si la relación se establece en volumen o –aún peor– si en lugar de volúmenes se comparan las masas respectivas.

Pasamos así de una imagen de recurso abundante a otra, más adecuada, de real escasez a nivel planetario. Si nuestro interés se centra en cuánta del agua existente puede ser utilizada para la alimentación a un costo accesible, nos encontramos realmente en problemas. La mayor parte del agua es salada (95 por ciento), tanto la que se encuentra en los océanos como una gran parte del agua subterránea presente en los continentes. Desalinizar esta agua es aún muy costoso, aunque se están produciendo

avances al respecto. Del agua dulce (5 por ciento), la mayor parte reside en los casquetes de hielo de los polos y en los glaciares de las altas montañas (3,4 por ciento). Las aguas de los acuíferos subterráneos aptos para el consumo representan el 1,5 por ciento, mientras que las de ríos y lagos alcanzan sólo al 0,25 por ciento, proporción sólo mayor a la muy pequeña fracción de agua dulce que reside en la atmósfera (0,001 por ciento).

Como se ve, el agua con que cuenta el planeta es poca; el agua dulce, poquísima; y la única manera de que no se agote es, inevitablemente, cuidarla.

Las enseñanzas del Maestro Ciruela

¡Eureka! ¿Eureka?

por Ricardo Cabrera | ricuti@de.fcen.uba.ar

Según cuenta la leyenda, el rey Hierón II recurrió a Arquímedes pues sospechaba que había sido estafado por el orfebre al que le había encargado una corona de oro. La sospecha radicaba en que parte del oro hubiese sido reemplazado por plata. Descubrir la estafa no era tarea sencilla, pues al rey le gustaba la corona y no quería que se estropease. Al parecer, Arquímedes ideó la forma de determinar la densidad de la corona —y descubrir la estafa— al ingresar en la tina para disfrutar de un baño de inmersión. Su cuerpo, como el de cualquier otro mortal, desplazó un volumen equivalente de agua que, al parecer, rebasó la bañera. Su excitación fue tan grande que salió corriendo por las calles de Siracusa al grito de ¡Eureka, eureka! —que en español antiguo significa algo así como “tinta negra”— sin reparar en que corría desnudo.

Independientemente de que parece tratarse de una leyenda apócrifa, la considero un poco pobre. Molesta que muchos profesores de física un poco incautos —y, peor aun, muchos libros de física— presentan esta fábula como ilustración del Principio de Arquímedes, del cual no dice absolutamente nada. El famoso principio no aparece en esta historia ni en una pizca, ni de oro, ni de plata, ni de agua, ni de tinta.

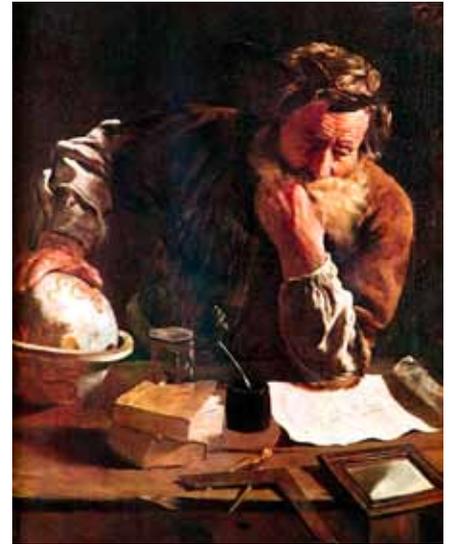
Pese a que es muy vistosa por el final, la fábula sólo ilustra el descubrimiento de la determinación de volúmenes por el método de desplazamiento: si un cuerpo se sumerge totalmente en un líquido, desplaza un volumen de líquido igual al volumen propio. Hace 2400 años, este descubrimiento podía poner feliz a cualquiera... pero no es el Principio de Arquímedes. Si se excitó tanto al descubrir este método para medir volúmenes, no alcanzo a imaginarme cómo habrá festejado al descubrir el principio que lleva su nombre.

Según parece, al determinar el volumen (y conociendo la masa) Arquímedes pudo medir la densidad de la corona —que resultó ser menor que la del oro— y así desenmascarar al orfebre, que fue decapitado al día siguiente.

Por otro lado, no alcanzo a entender por qué Hierón II sospechó que la sustitución de material se haría con plata, y no con cualquier otro material (incluso más barato que la plata). Mis conocimientos de orfebrería helénica no son suficientemente idóneos para despejar esta duda, y espero no descubrirla mientras me bañe.

Pero incluso pienso que el orfebre podía ser no sólo honesto sino también práctico y creativo, al fabricar una corona de oro hueca, mucho más voluminosa, vistosa y ornamental... y sin substraer un solo y miserable gramo de oro al desconfiado monarca, con el único costo de disminuir la densidad de la corona, algo que nadie más que el rey podía notar (en caso de que tuviera mucha sensibilidad en el cuero cabelludo).

Por último, aun cuando parte de esta historia fuese cierta, en vida de Arquímedes no había instrumentos necesarios para medir con suficiente precisión el líquido despla-



do por una corona. O sea, esta leyenda hace agua por todos lados, no logra mantenerse a flote por más que se la empuje hacia arriba. Prefiero suponer que tal orfebre no fue degollado y cargo con un muerto menos en mi conciencia humana. |

HUMOR por Daniel Paz



El dodecaedro pentagonal

De Platón a Escher, pasando por la pirita

por José Sellés-Martínez | pepe@gl.fcen.uba.ar



Figura 1

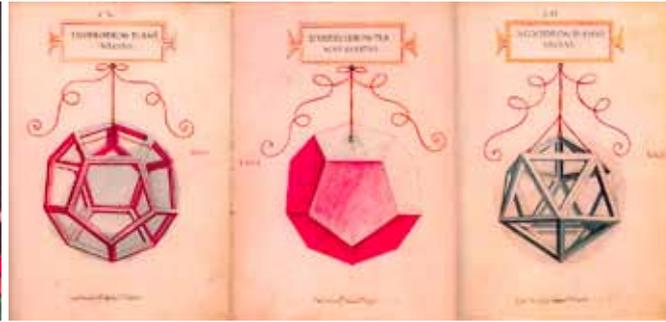


Figura 2



Figura 3

Los “sólidos platónicos” son cuerpos regulares convexos formados por poliedros regulares. No son muchos, solo cinco, y su interés va mucho más allá de la geometría. El pensamiento griego convirtió a los sólidos platónicos en símbolos. Por ejemplo, dice Platón en el *Timeo*, con respecto al dodecaedro pentagonal, que Dios se sirvió de él para componer el orden final del Todo. Esta interpretación filosófica se mantuvo a lo largo de los siglos y fue recuperada, junto con el resto de la cultura griega, cuando las traducciones árabes se difundieron por Europa y las obras clásicas fueron traducidas al latín y a las lenguas vernáculas. Su importancia simbólica durante el Renacimiento está claramente establecida en el retrato que el matemático Jacopo de Barbari pintó de otro matemático muy famoso (figura 1), autor de la obra *La Divina Proporción*. Una de las personalidades más polifacéticas de su tiempo dibujó para esta obra una serie de poliedros de los cuales se reproducen aquí tres que representan al dodecaedro pentagonal (figura 2).



Figura 4



Figura 5

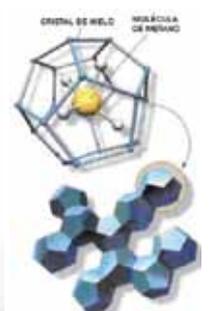


Figura 6

Esta forma aparece también en el cuadro *La lección de Geometría* (figura 3) del pintor holandés Nicolas Neufchâtel, pintado en 1561 y que representa al maestro Johann Neudörffer. Más recientemente, y ya con un objetivo exclusivamente estético, aparece también en dos litografías de otro artista holandés (del cual ya hemos visto una obra en esta misma sección). Una de estas litografías, denominada *Orden y caos* (figura 4).

Por otra parte, el dodecaedro no es solo una forma surgida del pensamiento geométrico

creativo, sino que también se encuentra en la naturaleza. Es una de las formas en las que puede cristalizar la pirita (figura 5), un mineral bastante abundante, apodado “el oro de los tontos”. En el ámbito de la cristalografía (el estudio de la forma y la geometría de los cristales), el dodecaedro pentagonal es una de las clases del sistema cúbico al que pertenecen también otras formas, entre las cuales están los restantes sólidos platónicos (salvo el icosaedro que pertenece al sistema romboédrico). Los clatratos, por su parte, son estructuras cristalinas muy particulares en las que una red de átomos de un compuesto sólido

puede “encerrar” moléculas de un gas. Como ejemplo, los hidruros de metano que forman cristales helados en el fondo del océano, presentan una estructura de dodecaedros asociados entre sí (figura 6). Estas masas de hielo submarino producen el sorprendente fenómeno de convertirse en “un hielo ardiente” cuando se le acerca una llama, debido a la combustión del metano encerrado en la red.

Una vez más, les proponemos responder las siguientes preguntas y encontrar la solución en el blog:

revistaexactamente.wordpress.com

PREGUNTAS

1. ¿Cuáles son los otros cuatro sólidos platónicos?
2. ¿A qué asociaba Platón los cuatro sólidos restantes?
3. ¿Quién es el autor de los dibujos del dodecaedro pentagonal?
4. ¿Quién es el matemático retratado por Jacopo di Barbari?
5. ¿Quién es el grabador holandés autor de *Orden y caos*, grabado en el que el cuerpo central de la estrella es un dodecaedro pentagonal?
6. ¿Qué elementos químicos forman la pirita?
7. ¿Por qué se llama a la pirita “el oro de los tontos”?

CIENTIFICOS

INDUSTRIA ARGENTINA



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

CON ADRIÁN PAENZA



**SÁBADO
9.30 Hs.**



tv.pública

www.canal7.com.ar



www.incubacen.fcen.uba.ar

¿Sos **graduado** de la
Facultad?

¿Trabajás en el sector
productivo?

Te invitamos a sumarte a
nuestras actividades para buscar
nuevas formas
de complementación

Ingresá tus datos en nuestra web

[www.](http://www.incubacen.fcen.uba.ar)

[incubacen.fcen](http://www.incubacen.fcen.uba.ar)

[.uba.ar](http://www.incubacen.fcen.uba.ar)

EMPRENDE

VALORIZA

INNOVACION

EXACTAS