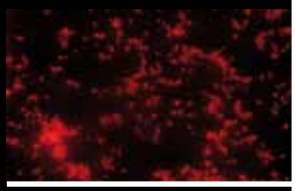
EXACTA mente

La revista de divulgación científica

Informe
Longevidad

Microbiología
Organismos extremófilos

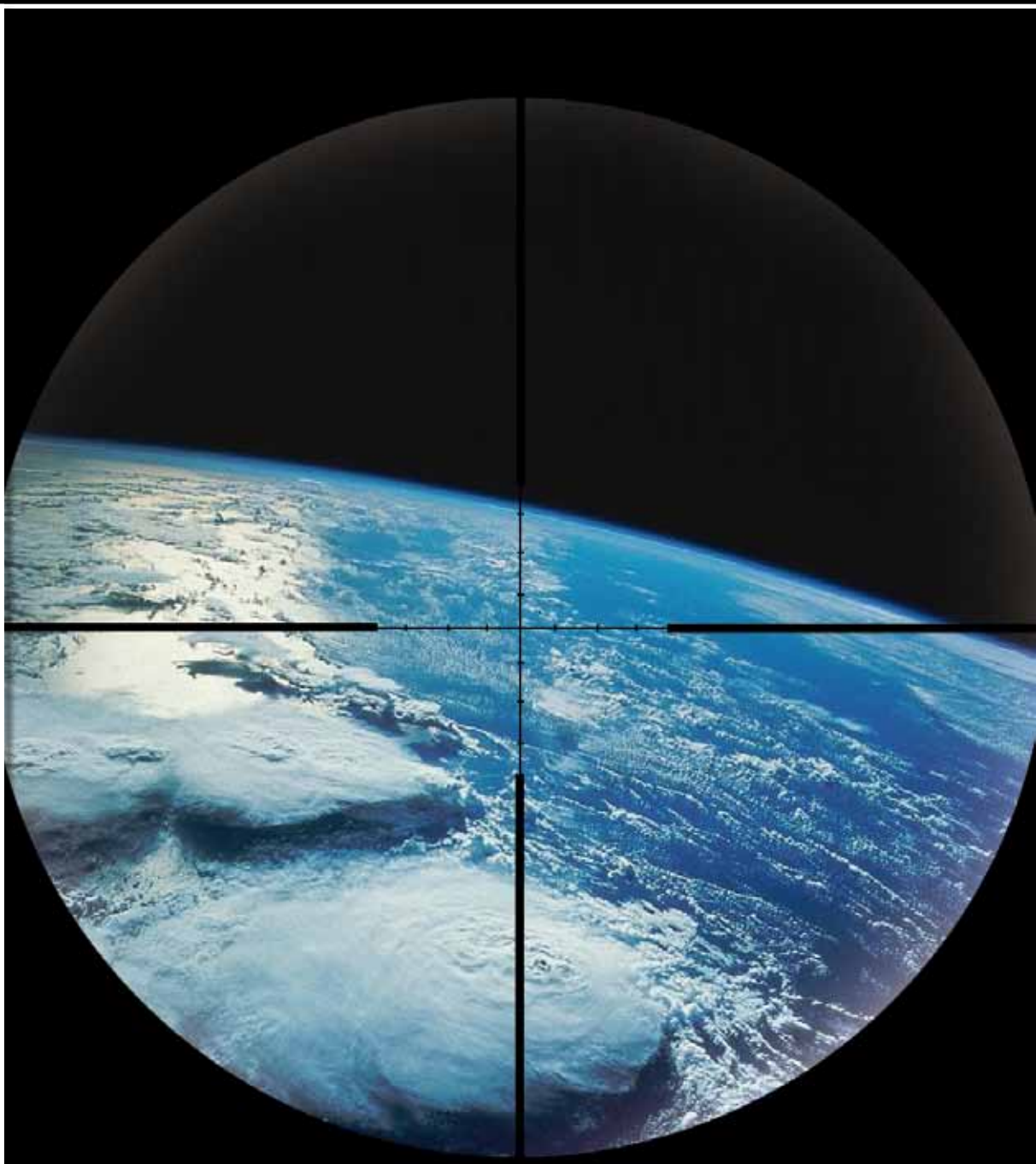


Actualidad
Censo 2010

Dossier
El conocimiento científico

Escriben:

- *Alan Sokal*
- *Marcelino Cereijido*
- *Pablo Kreimer*
- *Esther Díaz*
- *Ricardo Cabrera*



Destellos de rayos gamma

Amenaza cósmica

Año 18 | Nº 47
Abril 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
- Olimpíadas 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

EXACTAS
UBA

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

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

Editor de *dossier*
Andrés Beláustegui

Colaboradores permanentes
Pablo Coll
Guillermo Mattei
Daniel Paz

Colaboran en este número
Federico Kukso
Alan Sokal
Marcelino Cereijido
Esther Díaz
Pablo Kreimer
Gabriel Rocca
Tamara Acosta
José Sellés-Martínez

Diseño gráfico
Pablo Gabriel González

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

El Instituto de Cálculo y Clementina: 50 aniversario

El 27 de noviembre de 1957, a poco de asumir la conducción de Exactas, el decano Rolando García dictó una resolución creando el Instituto de Cálculo de la Facultad. A este instituto se le asignó la misión de organizar un servicio nacional de cálculo para facilitar el uso de la computadora por todos los centros científicos y técnicos del país. A los efectos de avanzar en la organización y determinar qué computadora se iba a comprar, se designó una comisión integrada por Alberto González Domínguez, uno de los más prestigiosos matemáticos argentinos del momento y de amplio reconocimiento internacional; Manuel Sadosky, vicedecano y experto en cálculo numérico; y Simón Altmann, químico y el único de los tres que tenía experiencia concreta en computación y en su uso como herramienta de los científicos dado que había realizado una estadía posdoctoral en Manchester.

Entre los años 1958 y 1960 se realizó la licitación y compra de una computadora Mercury desarrollada por la Universidad de Manchester y construida por la empresa británica Ferranti, un equipo que consistía en varios muebles que contenían más de cinco mil válvulas. El financiamiento, de 152.099 libras esterlinas –unos tres millones de dólares actuales–, fue aportado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), del cual Rolando García era vicepresidente y Bernardo Houssay presidente. Y se obtuvo luego de largas tratativas y discusiones, dado que muchos de los miembros del directorio no percibían entonces la importancia que tendría la computación.

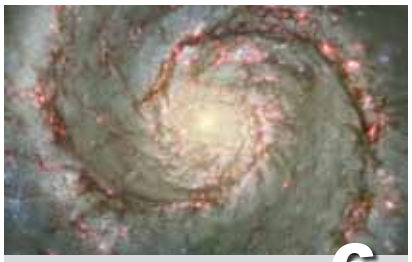
Paralelamente, se avanza en la construcción de la Ciudad Universitaria, y un espacio importante del primer edificio –el actual Pabellón I– fue asignado al Instituto de Cálculo para alojar a Clementina, nombre familiar que recibiría la computadora Mercury porque emitía el sonido de la canción popular inglesa Clementine.

El 15 de mayo de 1961, hace 50 años, en un acto presidido por el decano García, Sadosky –nombrado como director del Instituto del Cálculo– dictó una conferencia que puso formalmente en marcha la primera computadora académica del país y que fue el acto fundacional del Instituto. Este año, por lo tanto, estamos recordando el inicio de la enseñanza de informática en el país, así como el lanzamiento de un proyecto pensado como soporte del modelo de desarrollo industrial que se impulsaba en la época. Este no fue un proyecto aislado, dado que se sumó a iniciativas como el Departamento de Industrias –en conjunto con la Facultad de Ingeniería– el Instituto de Investigaciones Bioquímicas –cuyo director fue Luis Federico Leloir– y el Departamento de Televisión Educativa –que transmitía a las aulas de la Manzana de las Luces cursos diseñados y producidos en Ciudad Universitaria para que los ingresantes a la Facultad mejoraran su desempeño.

Es imposible imaginar qué hubiera ocurrido si estos proyectos no hubieran sido abandonados en 1966, con la Noche de los Bastones Largos, pero debemos tomar esta experiencia para imaginar lo que podría ocurrir si volvemos a abandonar los proyectos actuales, también sustentados en un proyecto de desarrollo industrial nacional.

Jorge Aliaga
Decano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

SUMARIO



COSMOS 6

▶ **Destellos de rayos gamma**
Por Guillermo Mattei

ACTUALIDAD 10

▶ **Censo 2010**
Por Federico Kukso

MICROBIOLOGÍA 14

▶ **Organismos extremófilos**
Por Susana Gallardo

PANORAMA 18

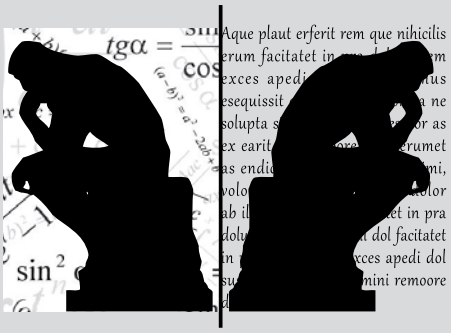
▶ **Ollas, sartenes y pipetas**
Por Cecilia Draghi

INFORME 34

▶ **¿Cuánto podremos vivir?**
Por Gabriel Stekolschik

DOSSIER

CONOCIMIENTO CIENTÍFICO: ¿ES OBJETIVO O ES UNA CONSTRUCCIÓN SOCIAL?



Escriben:

▶ **22.** Pablo Kreimer

▶ **25.** Alan Sokal

▶ **27.** Esther Díaz

▶ **29.** Marcelino Cereijido

▶ **31.** Ricardo Cabrera

INNOVACIÓN 38

▶ **Films biodegradables**
Por Gabriel Rocca

BITÁCORA 40

▶ **A las puertas del infierno**
Por Cecilia Draghi

▶ **ECOLOGÍA MARINA** 43

Mare nostrum
Por Tamara Acosta

LECTORES 46

▶ **Respuesta de Mario Bunge a la carta de lectores de EXACTAmente 45**

EPISTEMOLOGÍA 49

▶ **El reduccionismo científico (segunda parte)**

ARTES 50

▶ **De paralelos, meridianos y loxodramas**
Por José Selles-Martínez

ADEMÁS

▶ **33.** Variedades.
Por Ricardo Cabrera

Humor.
Por Daniel Paz

▶ **47.** Preguntas

▶ **48.** Biblioteca

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.

Destellos de rayos gamma

Colosos del Universo

Por Guillermo Mattei | gmattei@df.uba.ar

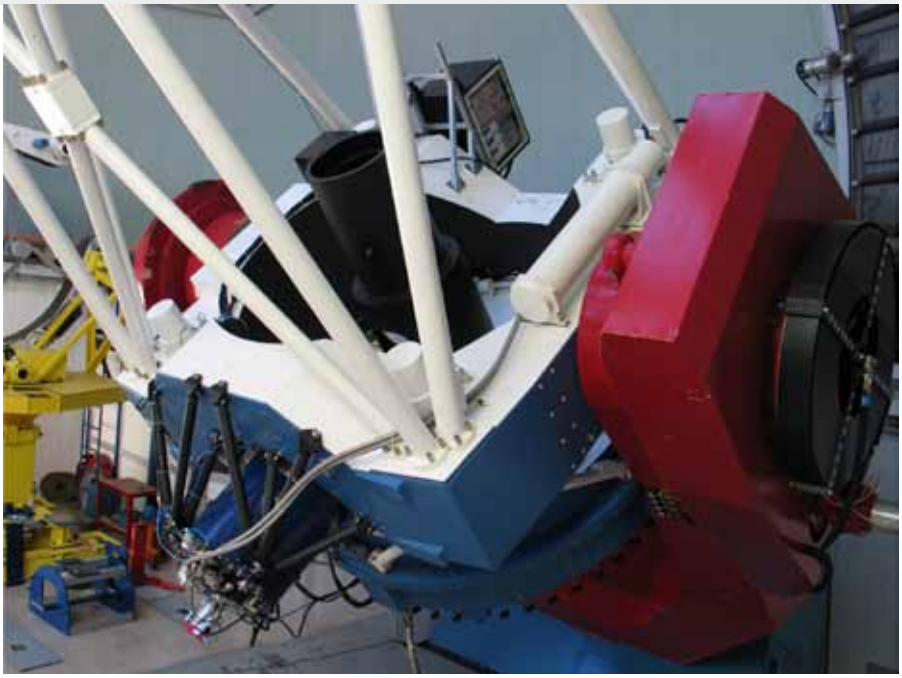
Son los objetos más energéticos del Universo. Suelen aparecer después de que un agujero negro se ha tragado en diez segundos todo el material equivalente a nuestro Sol. Serían capaces de extinguir la vida en la Tierra en pocos días.

A fines de abril de 2009, la Organización Europea para la Investigación Astronómica en el Hemisferio Sur comunicó un resultado digno de pasar a formar parte del patrimonio cultural de la humanidad: el descubrimiento del objeto más lejano en el Universo jamás observado por nadie. Así lo indicaban los datos experimentales recogidos por una combinación de telescopios orbitales y terrestres. ¿De qué se trataba? Un débil destello de luz, recogido por el instrumental en las longitudes de onda de los rayos gamma, era el fósil correspondiente a la explosión del objeto observado más distante del universo, ocurrida seiscientos millones de años después del Big Bang. Pero no por viejo y alejado debía menospreciársele, ya que su linaje era el de los *Destellos de Rayos Gamma* (DRG).

Los DRG son pulsos luminosos de entre un segundo o menos y no más de algunos minutos de duración, de una energía monstruosa, sin duda alguna, la más grande en el Universo. Generalmente están ligados a las explosiones de algunas estrellas o a su colapso en agujeros negros. Los fotones, muy energéticos en este caso, nos llegan a un ritmo de trescientas veces al año y desde posiciones equidistribuidas por toda la bóveda celeste.

Observatorio La Silla (Chile).

Iztok Boncina/ESO



ESO

Instrumento del telescopio de La Silla que toma imágenes de la misma región del cielo en la banda del espectro electromagnético visible e infrarojo. Su misión principal es la de determinar la distancia de los DRG

En el interior de la bestia

Leonardo Pellizza es investigador del Instituto de Astronomía y Física del Espacio (FCEyN-CONICET) y fue docente del Departamento de Física de la FCEyN. Elisa Chisari, actualmente cursando su doctorado en la Universidad de Princeton (Estados Unidos), es graduada y ex estudiante divulgadora científica del Departamento de Física de la FCEyN. Sylvain Chaty es un investigador colega de Pellizza, de la Universidad Paris VII (Francia). El satélite INTEGRAL es el primer observatorio espacial que puede observar simultáneamente fuentes astrofísicas de rayos gamma, rayos X y luz visible tales como los colapsos estelares, las explosiones de supernovas y las regiones del Universo que se supone contienen agujeros negros. El Observatorio de La Silla es un conjunto de dieciocho telescopios ubicado en el cerro Chinchado Norte, también conocido como La Silla (Chile). Astronomy and Astrophysics (A&A) es una prestigiosa publicación científica de la especialidad. ¿Qué los liga a todos? La portada de la versión web de A&A de febrero de 2011 resalta un estudio reciente de los tres científicos (usando el satélite y los telescopios), acerca de poblaciones de estrellas binarias (Ver recuadro "Peligrosas…"), ubicadas en los brazos interiores de nuestra galaxia, cuya emisión está gobernada por procesos similares a los que ocurren en los DRG.

Pellizza explica: "Los DRG más comunes ocurren en el colapso de estrellas cuya masa, como mínimo, es entre ocho y diez veces mayor a la de nuestro Sol. En cierto momento de la vida de estas estrellas, el desbalance a favor de la acción de la fuerza gravitatoria, que tiende a concentrar el material estelar en el centro, frente a las reacciones termonucleares que lo empujan hacia fuera, preanuncia sus finales. Dado que el núcleo es muy masivo, el colapso conduce a un agujero negro; sin embargo, no todo el material se compacta: una parte permanece unos pocos segundos aglutinado en la forma de una suerte de nube, denominada 'disco de acreción', rotando a altísimas velocidades para luego caer violentamente al centro. ¡En diez segundos se puede tragar todo el equivalente a nuestro Sol!" Para comprender mejor esta voracidad, hay que tener en cuenta un dato: en las estrellas binarias emisoras de rayos X más usuales, la dieta es de sólo un cienmilésimo de Sol por año. Cuando el disco cae al centro se producen chorros de materia y energía a velocidades cercanas a la de la luz, que perforan la envoltura de la estrella. Técnicamente, el escenario es el de un fluido turbulento e inestable generador de inhomogeneidades que dan lugar a abruptas disrupciones, denominadas ondas de choque, capaces de acelerar partículas tales como electrones y positrones. "Estas partículas en movimiento son las responsables de la emisión, por diferentes mecanismos físicos, de rayos gamma durante un breve intervalo temporal inicial y, luego, de gran parte del resto del espectro electromagnético, fenómeno que los astrofísicos denominamos postluminiscencia, que puede durar hasta algunos meses", completa Pellizza.

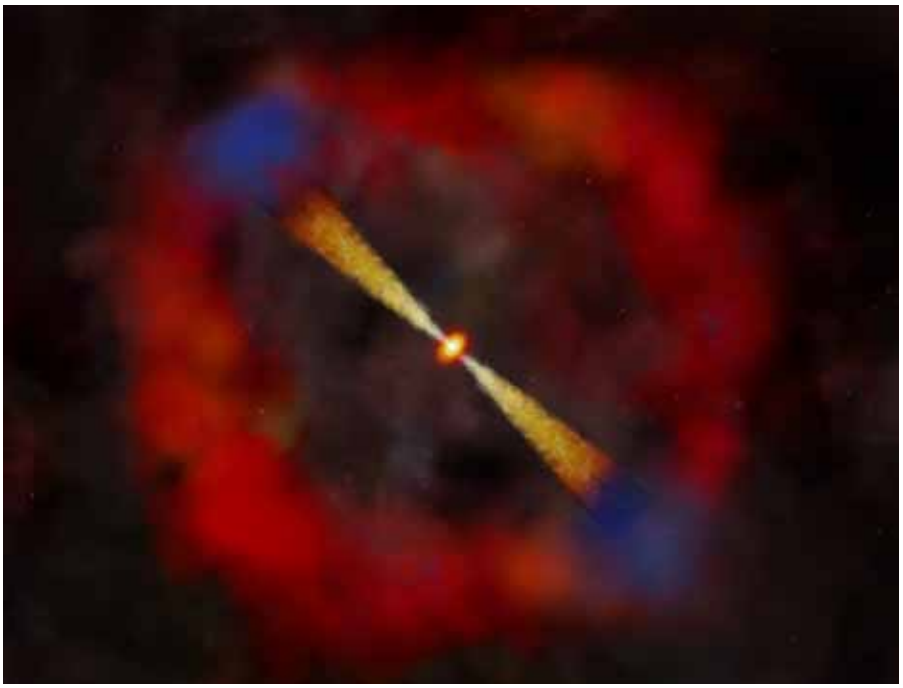
"Los DRG pueden ser indicadores del nacimiento de un agujero negro", concluye Pellizza, y agrega: "son tan potentes como la explosión de una supernova, pero duran mucho menos y se los puede ver muy alejados de nosotros o, equivalentemente, muy cercanos al origen del Universo".

PELIGROSAS COMPAÑÍAS

Una estrella binaria es un sistema compuesto por dos estrellas que orbitan mutuamente alrededor de un centro común.

Si bien existen pares de estrellas orbitando tan lejos una de otra como para evolucionar de forma independiente, en muchas ocasiones las dos estrellas de la binaria se encuentran a distancias tan cortas que la evolución individual de cada una se ve alterada por los cambios que sufre su compañera. Esos sistemas evolucionan entonces como un todo, constituyéndose en objetos únicos que, de otra forma, serían imposibles de hallar.

En algunos casos, al aumentar el tamaño de una de las estrellas durante su ciclo vital, en algún momento, algo de su materia abarca la región donde la gravedad de la otra estrella es mayor que la propia. El resultado es que la materia comienza a transferirse de la primera a la segunda por medio de un impacto directo o de un disco de acreción.



Destellos de Rayos Gamma
(Ilustración: NASA/CXC/M.Weiss)

UN PRESUNTO APOCALIPSIS

"La luz de un estallido de rayos gamma cósmicos equivale a un trillón de Soles pero con la particularidad de que toda esa energía está focalizada a una dirección del espacio muy bien definida y uno de cada 300 de esos estallidos está dirigido en la dirección de nuestro hábitat terrestre", explica el doctor René Ong de la Universidad de California en Los Ángeles (Estados Unidos).

Aunque un estallido de rayos gamma dirigido azarosamente hacia la Tierra sucediese a 1000 años luz de distancia de ella, nuestro planeta podría sufrir una destrucción apocalípticamente dantesca. La intensidad luminosa recibida sería 500 veces la del Sol y la energía liberada contra la capa superior de la atmósfera sería como la de una bomba nuclear de 100 mil megatones. El haz de rayos gamma, de sección parecida a la de un círculo meridiano, agujerearía la capa de ozono al instante y provocaría lluvia ácida e incendios, toda la vegetación alcanzada simplemente desaparecería. Un verdadero invierno nuclear. De modo que se extinguirían gran cantidad de especies. El extremo opuesto del planeta, respecto del impacto, sería el lugar temporariamente más seguro porque los rayos gamma no perforan la Tierra y sus habitantes no morirían incinerados pero los efectos de la destrucción de la capa de ozono se propagarían y, junto al cambio de la composición de la atmósfera, las consecuencias serían impredecibles, pero indudablemente funestas. Nada puede defender la Tierra de un estallido de rayos gamma que la alcance, si ocurriera suficientemente cerca, dado que los rayos viajan a la velocidad de la luz (300 000 km/seg) por lo que, para cuando fuesen detectados, el planeta ya sería un blanco alcanzado.

"¿Los DRG pueden realmente afectar la vida terrestre?", se repregunta Pellizza, y continúa: "A fines de 2005 varios laboratorios terrestres detectaron la presencia de una súbita fuente galáctica de rayos gamma, cercana al centro de la Vía Láctea, y, a la vez, un notorio descenso en la altura de la ionosfera terrestre. Es un dato significativo acerca de la interacción de la radiación gamma y nuestra atmósfera, pero yo duermo tranquilo: los DRG necesariamente tienen que ser extragalácticos porque la Vía Láctea es rica en elementos químicos pesados y eso desfavorece su producción. La galaxia más cercana candidata a albergar DRG es la Nube Menor de Magallanes, de la cual distamos a cincuenta kiloparcecs, con lo cual llegarían muy atenuados."

Algunas fuentes científicas aseguran que, estadísticamente, la probabilidad de que uno de estos estallidos impacte contra la Tierra es del 1%, dentro del intervalo temporal completo de su duración como planeta, pero ningún *Homo sapiens* actual o futuro seguramente querrá barajar la posibilidad de que el bingo cósmico lo condene a pasar por esta experiencia terminal.

En un sentido metodológico, Pellizza opina que los DRG son verdaderos laboratorios cosmológicos de altas energías imposibles de replicar en la Tierra y sirven tanto para estudios sobre el universo temprano y la formación de estrellas como para la física de los fluidos magnetohidrodinámicos turbulentos y el estudio de la materia en condiciones extremas. En particular, a fines de 2010, científicos de la Universidad de California en Los Ángeles (Estados Unidos) han sugerido que la subclase DRG extremadamente cortos, menores a cien milisegundos, son consistentes con el llamado modelo de evaporación de agujeros negros primordiales postulado por Stephen Hawking en 1974. Estos DRG ultracortos no están uniformemente distribuidos en el cielo como ocurre con los más largos, y tampoco exhiben postluminiscencia, por lo que abren nuevos interrogantes y desafíos conceptuales.

Cazando cíclopes

El jueves 23 de abril de 2009 un satélite de la NASA detectó un destello de diez segundos de duración en la Constelación de Leo, lo cual produjo una catarata de observaciones posteriores por parte de numerosos telescopios terrestres. El telescopio VLT en Cerro Paranal (Chile), midiendo radiación infrarroja a diecisiete horas de la explosión, pudo establecer la distancia del evento o, teniendo en cuenta que la señal se propaga a la velocidad constante de la luz, determi-

NASA/AURA/STScI/Hubble Heritage Team

nó cuándo ocurrió: ¡a solo un cinco por ciento de la edad actual del Universo! O sea, entre doscientos y cuatrocientos millones de años posteriores a la formación de las estrellas. Sin embargo, los científicos son optimistas en batir este record y encontrar DRG aún más viejos y más próximos a los orígenes estelares.

Los telescopios espaciales en órbita son los primeros en detectar DRG. Luego de decaer la intensidad de esta terrible radiación de alta energía, la señal es detectable en un intervalo temporal muy breve por su huella en el rango luminoso visible y en el infrarrojo cercano del espectro electromagnético. En solo unas pocas horas, toda la información que brindan estos fenómenos debe estar recogida para el análisis posterior que permite determinar distancias y brillos intrínsecos.

Los telescopios cazadores de DRG no pueden determinar exactamente en qué lugar de la galaxia se produjeron. Sin embargo, mediante la combinación de telescopios de rayos gamma y radiotelescopios, los astrónomos pudieron inferir que provienen de estrellas masivas en las galaxias o de sistemas binarios de objetos compactos que se fusionan.

Al entrar a la atmósfera terrestre, los rayos gamma de los DGR son débiles señales que les permiten a los telescopios aproximar su zona de procedencia con un cierto margen de incerteza. Si bien la radiación gamma es la más energética del espectro de las ondas electromagnéticas, también llegan, procedentes de la misma región, ondas de radio que, contrariamente, son las menos energéticas. Esta es la pauta que les indica a los científicos que hubo material muy energético saliendo de las inmediaciones del agujero negro, responsable por la emisión de rayos gamma y el inicio de la lengua de radioondas. A medida que el material transita el chorro, expandiendo y perdiendo energía, la emisión gamma cesa, pero las radioondas no.

Algunos de los sistemas telescópicos terrestres que detectan estas bocanadas de rayos gamma son el tándem VERITAS, en Arizona (Estados Unidos); el HESS, en Namibia (África) y el MAGIC, en La Palma (Islas Canarias, España). Por su parte, el VLBA es un sistema de diez antenas radiotelescópicas ubicadas entre Hawaii y el Caribe que son operadas desde Nuevo México (Estados Unidos). Valga como dato que el poder de discriminación de imágenes que ostenta el VLBA es equivalente a leer un diario en Córdoba desde Ushuaia.

Emborrachando a Polifemo

Como ingeniosos Odiseos, cientos de astrofísicos en el mundo persisten en sofisticar las técnicas de observación, los análisis de datos y las modelizaciones teóricas que, en un múltiple juego horizontal, aportan al dominio de los colosales DGR por medio de su entendimiento. Pero, a diferencia de la narración de *La Odisea*, ni más ni menos que Ciencia explicando la realidad.

¿GENOCIDAS GALÁCTICOS?

El astrofísico experimental James Annis, del laboratorio de física de altas energías Fermilab (Batavia, Estados Unidos), investigó la naturaleza de los DGR y, en su modelo, éstos serían la causa de un ciclo de nacimiento, florecimiento y muerte colectiva de las formas más avanzadas de la vida en las galaxias.

En el modelo de Annis, cada estallido gamma equivale a una extinción masiva a escala galáctica y, así, estas fuentes de energía se convierten en los reguladores de la vida y de la comunicación inteligente.

Mediciones y cálculos indican que, actualmente —a trece mil quinientos millones de años del Big Bang—, los estallidos se producen en el orden de magnitud de los cientos de millones de años, que es el mismo orden que lo que le demanda a la vida afirmada sobre tierra firme evolucionar a vida inteligente. En los cientos de millones de años rondaría, también, la escala temporal de colonización de la galaxia por parte de una civilización inteligente. ¿Estaremos transitando épocas galácticas en las cuales la mayoría de las civilizaciones estén tratando esforzadamente de superar situaciones bélicas autodestructivas, degradación de sus ecosistemas, superpoblación planetaria, agotamiento de sus recursos naturales y desigualdades sociales suicidas al mismo tiempo que intentan comunicarse entre sí? Probablemente sí y no quede otra que esperar la parte del ciclo en la cual el florecimiento de las civilizaciones alcance el nivel mínimo necesario para que la comunicación sea posible antes de la siguiente extinción.

CENSO 2010

La foto de la década

Por Federico Kukso | fedkukso@gmail.com

"Dios creó los números. El hombre todo lo demás". Fosilizada en el tiempo, la frase del matemático alemán Leopold Kronecker (1823-1891) bien podría meterse en la misma bolsa a la que van a parar todas aquellas etiquetas o nombres rimbombantes pergeñados por el marketing en los últimos años –"máquina de dios", "partícula divina", "milagros de la ciencia"– para llamar la atención del lector y empujarlo, distorsión mediante, a las orillas científicas. Sin embargo, si se presta más atención, las palabras de Kronecker presionaron sobre un nervio sensible del ser humano: su irracional vínculo con las cifras.

ciudaddeembarcacion.blogspot.com

Sólo hay que mirar a nuestro alrededor: estamos rodeados. Hay números en todas partes. En aquellas cajitas metálicas que resguardamos como un tesoro en un bolsillo del pantalón o dentro de la cartera y que nos hacen sentir menos solos –los celulares–, en los teclados de nuestras ventanas al mundo –las computadoras–, en las calles, en el frente de los colectivos, los marcadores de los partidos de fútbol, los precios. Y más. Incluso, hay veces que uno piensa que en vez de un ser humano con brazos, piernas, sueños y fantasías no es más que un número: aquel que figura en el DNI y en la tarjeta de crédito o débito. O el número que marca la altura, el peso, los años vividos, la cantidad de hijos o familiares, la contraseña del mail, la cuenta bancaria, la cantidad de amigos en Facebook y de seguidores en Twitter, la dirección y el piso donde vivimos.

Hasta los números muchas veces parecen tener vida propia. Eso, al menos, era lo que pensaban Pitágoras y sus discípulos en el siglo VI a.C. No lo sugerían, lo afirmaban: los números, para ellos, eran entidades vivas como lo son las moscas, los elefantes y como lo es también el mejor jugador de fútbol del mundo, Lionel Messi. Los números no eran sólo herramientas para denotar cantidades (o para identificar a los jugadores de fútbol en un campo de juego). Más bien, se erigían como los verdaderos protagonistas de la realidad, los ladrillos con los que estaba construido el universo. "El número es la esencia de todas las cosas", decía Pitágoras (y repetían luego sus discípulos), cuyo preferido era el número diez o *tetraktys*, que resulta de sumar 1+2+3+4, o lo que es lo mismo, los cuatro primeros números enteros.

El misticismo matemático que profesaba esta secta era tal que allí donde miraran, los pitagóricos veían números; números en las flores, números en el aire, números en los ríos. Las cifras les proporcionaban confort, un escudo para protegerse de las incoherencias y del sinsentido de la vida.

De Pitágoras a Galileo pasaron casi mil años pero la idea sobrevivió. El florentino no dudó en asegurar que la naturaleza era un libro escrito en lenguaje matemático.

Y aunque ahora no los alabemos como dioses ni bauticemos a nuestros hijos con sus nombres, los números nos siguen maravillando. Los mejores oradores saben que un porcentaje o un número contundente y redondo no pueden faltar en una argumentación. Las cifras tienen un peso y fuerza propia, incluso más que las palabras. Ya sea porque no dejan lugar a dudas o porque, en el fondo, seguimos creyendo que tienen vida, continuamos siendo místicos.

Lo olvidamos, pero cada diez años lo volvemos a recordar cuando escuchamos que a lo lejos se aproximan las palabras "censo de población". O, como lo define el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), el "mayor operativo estatal en tiempos de paz cuya información recabada se utiliza como insumo básico para formular, ejecutar y evaluar las políticas sociales, para establecer el número de representantes ante las legislaturas nacional, provincial y municipal, para cubrir la necesidad de información sobre los actores sociales y las entidades representativas. El objetivo de los censos consiste en cuantificar y caracterizar las viviendas, los hogares y la población del país en un momento determinado. A partir de sus resultados, se podrán conocer las principales características demográficas, económicas y sociales de todos los habitantes del país y sus condiciones habitacionales".

Todos los que alguna vez abrieron sus casas y sus vidas a un censista lo saben: el operativo faraónico que concluye con una fotografía de un país en un instante es mucho más que un conteo de cabezas. Como sólo lo pueden hacer aquellos acontecimientos magnánimos que atraen la mirada y la atención de millones de personas en un instante (un mundial de fútbol, los juegos olímpicos, el funeral de un líder político, un atentado), el censo es una actividad que iguala. Sus resultados permiten abarcar mentalmente una nación. Su ejecución representa el único momento en el que aquella "comunidad imaginada" definida por Benedict Anderson se vuelve palpable, medible, contable. Un país se transforma en un número.

CENSO 2010. NÚMEROS (PROVISIONALES)

* Cantidad de habitantes en el país: 40.091.359.

* Ciudad más densamente poblada: Buenos Aires, 14.185 habitantes por kilómetro cuadrado.

* Provincia con más habitantes: Buenos Aires, 38,8 del total de la población de la Argentina.

* La tasa de mortalidad infantil descendió del 16,3 por mil en el 2001 al 12,1 por mil en el 2010.

* La segunda ciudad más poblada del país es Córdoba, con 1.330.023 habitantes. Y la tercera, Rosario, con 1.198.528 personas.

* El sitio con mayor cantidad de varones es el departamento de Iglesia, en la provincia de San Juan, en donde hay 170,8 hombres cada cien mujeres.

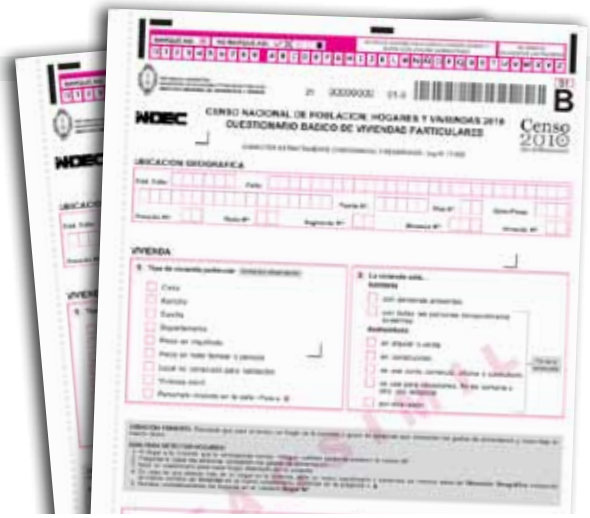
* Santa Cruz fue la provincia que registró el mayor crecimiento.

* La Capital Federal es la jurisdicción que menos creció.

Vértigo numérico

"Cuando los datos estadísticos se presentan tan desnudos, sin ninguna información del tamaño y composición de la muestra, de los protocolos metodológicos y las definiciones, de los intervalos de fiabilidad, los niveles de significación, etcétera, casi lo único que podemos hacer es

Censo 2010
Año del Bicentenario



encogernos de hombros o, si tenemos ganas, tratar de determinar el contexto por nosotros mismos". En su libro *El hombre anumérico*, el matemático y escritor estadounidense John Allen Paulos abre el paraguas y advierte sobre las trampas de la estadística y de su difusión desnuda.

Zambullirse en los datos arrojados por el último Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, realizado el 27 de octubre del año pasado, provoca una reacción similar. Los números se amontonan, se unen para formar millones. Los porcentajes parecen reproducirse más rápido que conejos y el intrépido clavadista que pensaba que nadar en este mar de cifras le daría una visión más amplia y clara de su país de residencia termina en cama con un dolor de cabeza.

Aunque lo niegan, lo saben: los estadistas y demógrafos tienen la secreta capacidad de paralizar a una audiencia con tan sólo mencionar dos números, o tres, sin repetir ni respirar.

Para estos investigadores, los censos son sus Juegos Olímpicos, las grandes ligas, el campeonato mundial, el momento en el que se ponen la camiseta y se convierten en estrellas. Al fin y al cabo, es preciso su análisis y traducción para saber si una población envejeció o no, si aumentó la mortalidad infantil o si el analfabetismo sigue azotando como una pandemia.

Aun así, de toda aquella sopa de números que vuelca un censo, hay una cifra que se corona como la más deseada. Es aquella que certifica con una precisión engañosa cuántos somos. Para el Censo 2010, aquel número mágico resultó ser el 40.091.359. Hay 14.297.149 viviendas y Argentina sigue siendo un país femenino. Cada cien mujeres hay 95 hombres (en el país hay 19.575.219 varones y 20.516.140 mujeres), salvo en el barrio de Recoleta de la Capital federal donde cada cien mujeres hay 73 hombres.

La irrupción de lo impensado

Como una elección presidencial, los censos provocan ansiedad. Y la "cultura del ahora" –tan afianzada por el F5 (actualizar página) continuo y por el flujo *non stop* de información–, no ayuda. Una vez transcurridas las ocho horas oficiales del censo, todos quieren tener los datos, ¡ya! Algo imposible si se tiene en cuenta el cardumen humano que se tuvo que desplazar para rastrillar casi la totalidad de la superficie argentina, 969.464 km²: la estructura del relevamiento fue piramidal y estuvo conformada por 534 jefes de departamento, 5 mil jefes de fracción, 51 mil jefes de radio y 650 mil censistas, de los cuales 12 fueron asaltados mientras realizaban su tarea.

La provincia de Buenos Aires fue recorrida por unos 230 mil hombres y mujeres, la Ciudad de Buenos Aires necesitó 56 mil, Córdoba 55 mil, Santa Fe 52 mil, y Mendoza 22 mil. Cada censista cobró 250 pesos y tuvo que tocar o golpear 25 timbres, correspondientes a las viviendas que tuvo que contabilizar.

Así fue como, para calmar esta ansiedad estadística, el INDEC comunicó los resultados provisionales el 17 de diciembre pasado, el 21 de junio presentará datos preliminares para finalmente, sí, exponer la fotografía definitiva del presente argentino el 20 de diciembre próximo.

"Fue el mejor censo de la historia argentina –comentó la socióloga Ana María Edwin, directora del Indec–. El balance es muy positivo. La cobertura fue muy amplia y para las ocho de la noche había sido censado el 97% de la población. En el censo de 2001 hubo muchos errores. Por ejemplo, no se tomó la cantidad de viviendas como unidad de análisis. Y en la Ciudad de Buenos Aires hubo una omisión del 8% de la población. En esta oportunidad, nos llamó la atención el crecimiento poblacional del 1,17 % anual. Esperábamos que fuera del 1,1. Creemos que esto se debe a la aplicación de políticas proactivas hacia la niñez o por el hecho de haber podido registrar a una mayor cantidad de niños a través del DNI".

Tras meses de planificación, ni bien comenzado el censo, aquel 27 de octubre lo impensable ocurrió. Mientras los censistas recorrían casa por casa sin dejar persona a la que interrogar, mientras subían escaleras, cerraban puertas de ascensores y tocaban timbres, una placa negra irrumpió en la pantalla de Crónica TV. "Murió Néstor Kirchner", se leía en ella en letras blancas. La duda invadió a los directivos del Indec. "¿Abortar o continuar con el censo?", se preguntaron internamente para finalmente decidirse por la segunda opción. Al fin y al cabo, el ejército de censistas ya había invadido las calles para ejecutar este mega-operativo que costó 523 millones de pesos.

Censo con altura

A diferencia de los años anteriores, las autoridades del INDEC cambiaron la metodología y decidieron aplicar lo que se llama el "sistema de hecho", es decir, aquel a través del cual se obtienen datos sobre las personas presentes en la vivienda en el momento del censo, incluyendo a los que no residen habitualmente en ese hogar pero que pasaron allí la noche. En contraste, un "censo de derecho" (como el del año 2001) colecta datos de aquellas personas que residen habitualmente en el hogar, aunque no estén presentes en el momento del censo.

Como se trató de un "censo con muestra", a algunos hogares les tocó responder el cuestionario básico y a otros, el ampliado. Si bien en aquellas poblaciones de más de 50 mil habitantes se utilizó más el formulario básico que contenía 35 preguntas y se calculaba que tardaba en ser respondidas unos once minutos. En localidades

ciudaddeembarcacion.blogspot.com

con menos de 50 mil habitantes se procedió con el formulario extendido que consistía en 67 preguntas, algunas referidas a pueblos originarios y afrodescendientes, discapacidad, situación ocupacional, jubilación, movimientos migratorios de la población, cobertura médica, fecundidad de las mujeres, uso de tecnología, y se respondía en veinte minutos.

Durante la planificación, se buscó disminuir las ambigüedades y dudas lo máximo posible. Hasta las preguntas más curiosas (e ingeniosas) recibieron respuesta. Por ejemplo, "¿Cómo se censa la gente que pasó la noche del 26 al 27 de octubre viajando en avión?". En la web oficial del censo, www.censo2010.indec.gov.ar, se daba la respuesta: "Si viaja hacia la Argentina, se lo censará donde se encuentre al momento del censo. Si viaja fuera de Argentina, no se censa. Si viaja entre provincias, se lo censa donde se encuentre al momento del censo. Lo importante es que sea censado una sola vez de modo de no duplicar la información".

El lado oscuro del censo

Los demógrafos, sociólogos y estadistas adoran los censos porque arrojan certezas. Los censos, dicen, es realidad pura y dura. Y repiten que estos operativos tranquilizan porque no ofrecen dudas: a un número no se lo discute. Sin embargo, el censo 2010 tuvo dos caras. Una pública a través de la cual se festejó no sólo el crecimiento poblacional argentino sino el éxito del operativo. Y, también, tuvo una faceta más polémica, no del todo publicitada.

En realidad, era esperable: el INDEC, se quiera o no, es uno de los organismos públicos más cuestionados de los últimos años por su manipulación de índices económicos (sobre todo aquellos referidos a los precios y a la inflación tantas veces negada pero palpable con sólo asomarse a un supermercado).

"Fue el peor censo poblacional de la historia argentina –llegó a decir en enero de este año la socióloga Cynthia Pok, la ex jefa de la Encuesta Permanente de Hogares (EPH), desplazada del cargo por la intervención del INDEC–. Insólitamente no se pudo cubrir el total de la población. Por el contrario, se cubrió muy por debajo de lo real. Y por supuesto continúa el dibujo, también con los datos del censo".

Más que el trabajo de los censistas, las principales críticas al censo del Bicentenario se orientan a la inexperiencia, la falta de organización y la eficiencia para coordinar el mega-operativo estadístico. Se sabe que el equipo de la Dirección de Poblaciones es uno de los sectores del INDEC que más técnicos ha perdido en estos últimos tres años.

Según un informe de 59 páginas publicado por la Comisión Técnica ATE-INDEC, conformada por profesionales de larga trayectoria desplazados de este organismo técnico a partir de 2007 luego de haber denunciado la manipulación oficial de las estadísticas públicas, el censo se realizó de manera incompleta, con preguntas inducidas y con un trabajo de campo insuficiente.

"La realización del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 se ve empañada por serias falencias, originadas todas ellas en la política de desmantelamiento institucional que llevó adelante la Intervención del INDEC desde enero de 2007 –se lee en el informe titulado Censo 2010: lo que no se va a poder contar–. Las tareas preparatorias que hasta ese momento llevaba adelante el equipo de diseño conceptual de la Dirección de Estadísticas Poblacionales fueron interrumpidas, la mayoría de sus integrantes desplazados y reemplazados por personal poco calificado u obediente, con la consecuente pérdida de confiabilidad de todo lo que se puso en marcha a partir de ese momento. No se podrá obtener ni un solo dato sobre migraciones internas ni sobre migraciones recientes a partir del formulario básico del censo 2010. Creemos que, dadas las pésimas condiciones en que la Intervención del INDEC se abocó a su preparación y realización, los resultados del Censo Nacional de Población no serán de utilidad".

Habrá que ver si tanto movimiento, planificación, ansiedad, espera, preguntas y respuestas terminarán desvaneciéndose en el aire o si conformarán por fin un retrato estadístico confiable de esta construcción imaginaria, contradictoria y muchas veces anumérica llamada Argentina.

HISTORIA DE LOS CENSOS

* El primer censo registrado tuvo lugar en Roma en el siglo V a.C. Gobernaba Servius Tullius, el sexto rey romano, y la población fue contada y dividida en clases según su riqueza. Consecuencia directa de esto fue la imposición del *catastrum* (o metrocomio en Grecia), contribución que debían pagar los ciudadanos en base a las rentas fijas o a los frutos anuales de sus posesiones.

* A partir del gobierno de Augusto (63 a.C. al 14 d.C.), se realizaron censos cada cinco años.

* Luego de la caída del Imperio Romano, los censos se discontinuaron. Volvieron a realizarse en el año 1086 cuando Guillermo el Conquistador llevó a cabo uno para determinar cuántos impuestos podía recaudar con el fin de defender a Inglaterra de los invasores daneses.

* El censo de Estados Unidos del año 2000 debía ser completado y luego enviado por correo.

* El primer censo nacional de población en Argentina fue realizado en 1869 (1.877.490 habitantes). Le siguieron: 1895, 1914, 1947, 1960, 1970, 1980, 1991 y 2001.

Organismos extremófilos

Vivir al límite

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

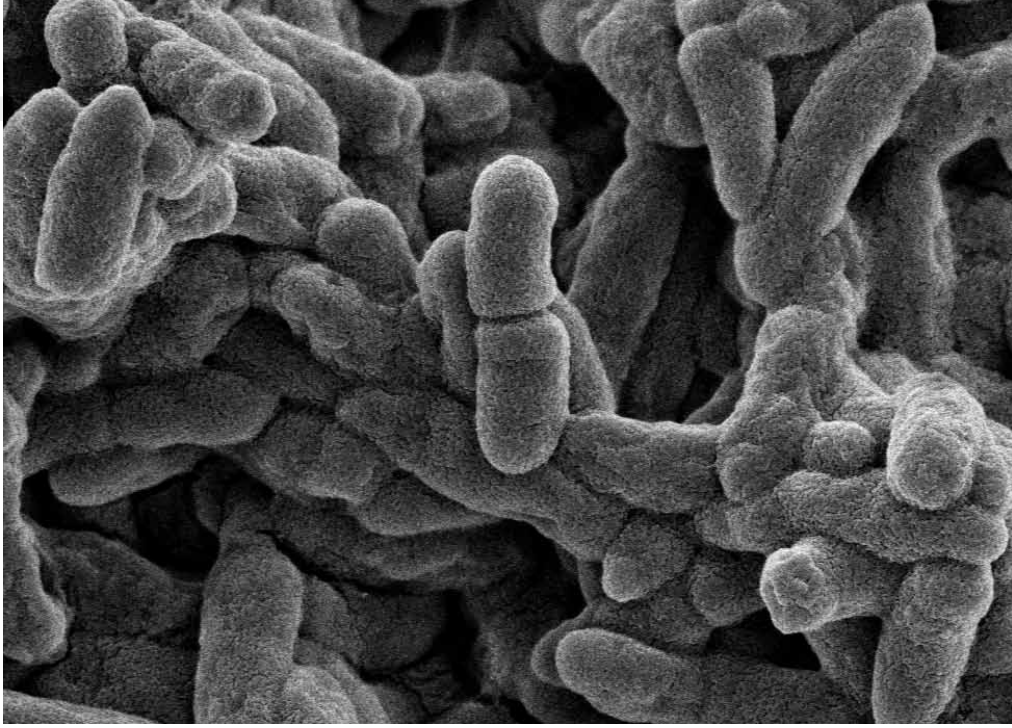
Los organismos capaces de resistir condiciones de vida extremas, como las muy altas temperaturas o la escasez de nutrientes, acaparan la atención de muchos investigadores que no dudan en rastrearlos ya sea en la Antártida o en la Puna andina. Es más, hay quienes piensan que podrían existir organismos similares fuera del sistema solar. Además, los extremófilos tienen interesantes aplicaciones en biotecnología.

Tal vez no simpatizarían con la posición de Aristóteles, que defendía el justo medio entre el exceso y el defecto. Ellos, en cambio, apuestan por la desmesura. Son amantes de las condiciones extremas, por eso se los bautizó "extremófilos". En general, se trata de organismos unicelulares, aunque algunos miembros del club son pluricelulares, incluso algún vertebrado completó el formulario para pertenecer al grupo.

El hecho es que esos organismos que viven al límite constituyen un interesante objeto de interés para muchos científicos. Por un lado, porque su sola existencia suma sustento a la idea de que hay vida más allá de la Tierra, en lejanos sistemas solares con condiciones bien extremas. Por otro lado, esas bacterias podrían hacer un aporte a la biotecnología, ya que pueden "trabajar" en las duras condiciones, por ejemplo de temperatura, que se dan en la industria.

Algunos investigadores los rastrean en lagunas antárticas que permanecen congeladas la mayor parte del año. En su busca, otros exploran los desiertos de la puna andina. Pero también hay quien los somete a duras pruebas para confirmar cuánto aguantan y así poder hipotetizar las probabilidades de que organismos parecidos habiten remotos planetas.

Estromatolitos en la laguna de Socompa, provincia de Salta (Gentileza M.E.Farías)



Pseudomonas extremaustralis. MEB. (Nancy López)

Soportar lo peor

Pero ¿en qué consiste ser un extremófilo? "Con ese nombre se designa a los organismos que viven en condiciones diferentes a las que sobrelleva la mayoría de los seres vivos que conocemos", define el doctor Eduardo Cortón, profesor en el Departamento de Química Biológica de la FCEyN. Por ejemplo, hay organismos que viven a temperaturas muy altas o muy bajas en comparación con el promedio de las condiciones en la Tierra. Otros habitan en lugares muy salados (más de 100 gramos de sal por litro) respecto de la salinidad media en los mares, que es de 35 gramos de sal por litro. Respecto del pH, lo normal para un ser vivo es entre 5 y 9. Los que toleran valores por encima (muy alcalinos) o por debajo (muy ácidos) de ésos, son extremófilos.

También se define como extremo "aquel ambiente en el que se ve afectada la funcionalidad de las macromoléculas, como el ADN y las proteínas", detalla la bióloga Ximena Abrevaya, que estudia organismos que soportan condiciones extremas, como parte de su tesis doctoral que realiza en la FCEyN y en el Instituto de Astronomía y Física del Espacio. "Por ejemplo, las bacterias termófilas, que viven a temperaturas que superan el punto de ebullición del agua, poseen mecanismos moleculares especialmente adaptados para evitar que el ADN y las proteínas se desnaturalicen por el calor", agrega la investigadora.

Hay extremófilos en los tres dominios de la vida, tanto en bacterias y arqueas (bacterias antiguas), como en eucariotas, cuyo material genético está encerrado dentro de una doble membrana que delimita un núcleo celular. Entre los eucariotas, se puede mencionar a los tardígrados, u osos de agua, invertebrados microscópicos de ocho patas, que son capaces de resistir una multiplicidad de condiciones adversas como el vacío y las radiaciones del espacio. En cuanto a seres vivos más evolucionados, hay algunos que están adaptados a ciertas condiciones en determinada época del año, por ejemplo, por la producción de alguna sustancia anticongelante.

Algunos organismos resisten más de una condición extrema. Los termoacidófilos toleran alta temperatura y ambiente ácido. Los haloalcalófilos, el ambiente salino y acidez alta.

Bajo cero

Irina Izaguirre, investigadora del Departamento de Ecología Genética y Evolución de la FCEyN, estudia el plancton de las lagunas antárticas. Extrae el material y lo analiza desde el punto de vista genético, para identificar las especies y determinar si son endémicas de la zona o si también habitan otras regiones del planeta.

"Encontramos pocas bacterias que sólo fueron registradas en la Antártida; otras poseen secuencias genéticas similares a especies halladas en la Patagonia, y otras se encuentran en ambientes muy fríos, como la alta montaña, los glaciares y el Ártico", relata Izaguirre.

Esos resultados sustentan la hipótesis de que los microorganismos no reconocen barreras geográficas, porque se dispersan muy fácilmente, transportados por las aves y por el hombre. "Habría una dispersión y una selección de aquellos genotipos que son los más adecuados para vivir en esas condiciones extremas", explica.

La investigadora halló, entre otros organismos, algas eucariotas y cianobacterias, con diferentes estrategias de supervivencia. Cuando los lagos se congelan, algunas de ellas producen esporas para sobrevivir. En invierno, por la falta de luz, las algas no pueden hacer fotosíntesis, entonces algunas especies tienen la capacidad de cambiar su metabolismo e incorporar materia orgánica disuelta en el agua, como azúcares y aminoácidos, o hacer fagotrofia ingiriendo bacterias.

Por su parte, la doctora Nancy López, del Departamento de Química Biológica de la FCEyN, está interesada en los compuestos que las bacterias pueden fabricar cuando se hallan en condiciones extremas. Buscando en la Antártida, encontró una nueva especie de pseudomonas, que bautizó como

RECURSOS PARA LA VIDA EXTREMA

La supervivencia de los extremófilos es posible debido a que sus células tienen componentes y propiedades particulares que les permiten mantenerse estables en el entorno en el que viven. Por un lado, contienen enzimas estables, que no se desnaturalizan ante las altas temperaturas, y soportan también las temperaturas bajo cero, o los pH muy ácidos o muy alcalinos. Por ello se las denomina extremozimas.

Otra característica protectora es la membrana celular, que no está conformada por una bicapa de lípidos, como en el resto de los seres vivos, sino por una monocapa, con uniones químicas distintas a las de las membranas convencionales, y que otorga mayor estabilidad.

En cuanto a los microorganismos que habitan en ambientes muy salinos, éstos acumulan sales en el interior de la célula, de manera de mantener un equilibrio osmótico con el medio que los rodea y no deshidratarse. Por su parte, los que viven en regiones muy frías acumulan compuestos que impiden el congelamiento.

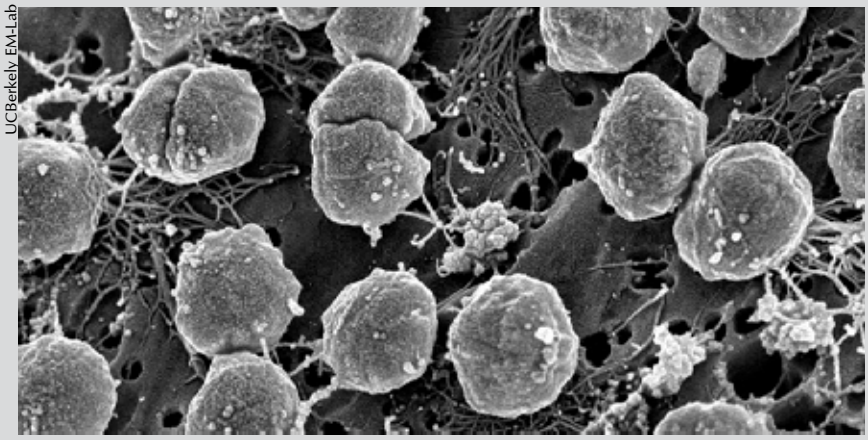
LOS FAMOSOS

Entre los extremófilos, como sucede en cualquier grupo social, hay famosos. Ya sea porque fueron los primeros en ser hallados, porque soportan condiciones realmente fuera de lo común, o por ser preferidos por muchos investigadores. Uno de ellos es *Methanococcus jannaschii*, una especie descubierta en las profundidades del océano, en la base de una fuente hidrotermal en el Pacífico Oriental. Resiste muy altas presiones, de alrededor de 200 atmósferas; es anaeróbica y metanogénica, pues produce metano a partir del dióxido de carbono y el hidrógeno.

"*Metanococus janaschi*, es una vedette de estos organismos, pues fue el primero en ser estudiado en volcanes submarinos. Pertenece a las arqueas y fue la primera de ellas cuyo genoma fue secuenciado completamente", señala el doctor Norberto Iusem, profesor en el Departamento de Fisiología y Biología Molecular y Celular de la FCEyN.

Otro que soporta grandes presiones es *Bacilus infernus*, que vive a casi tres kilómetros de profundidad, a alta temperatura (50 grados centígrados) y sin oxígeno. Por su parte, *Thermus aquaticus* es reconocida porque permitió desarrollar la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) que ha sido fundamental para el desarrollo de la ingeniería genética. La bacteria en cuestión es capaz de soportar altas temperaturas. No es para menos: fue hallada en las fuentes termales del parque Yellowstone, en Estados Unidos.

UCBerkely EM-Lab



Methanococcus_jannischii

Pseudomonas extremaustralis. Cabe aclarar que esta bacteria no es patógena para el hombre, a diferencia de su pariente, la *P. aeruginosa*, un bacilo oportunista que infecta, sobre todo, el tracto pulmonar en seres humanos y causa neumonías.

Si bien esta bacteria tiene su crecimiento óptimo a los 28 grados centígrados, se las arregla muy bien en las gélidas condiciones de la Antártida. Es poderosa: resiste el frío, la radiación ultravioleta así como la escasez de nutrientes, y para enfrentar esas duras condiciones ambientales produce una sustancia de reserva que despierta sumo interés: el polihidroxibutirato (PHB), un polímero con el que se puede fabricar plástico biodegradable.

López relata: "Para nuestra sorpresa, encontramos que la bacteria producía una alta cantidad del polímero, más del 80 por ciento del peso seco, que es muy alta en una especie que normalmente produce 40 por ciento, y además un tipo de compuesto que no es habitual en este microorganismo". El polímero en cuestión es una sustancia de reserva que ayuda a las bacterias a sobrellevar el estrés ambiental.

La "poderosa" bacteria fue sometida a pruebas de resistencia al frío y al congelamiento, y los investigadores observaron que, si mutaban el gen responsable de la producción del polímero, la bacteria no era capaz de crecer en el frío y no soportaba el estrés oxidativo, es decir, era incapaz de hacer frente al aumento de moléculas de oxígeno reactivo que se producen a raíz de los cambios metabólicos debidos a las duras condiciones del entorno.

Vida extraterrestre

Por su parte, Ximena Abrevaya trabaja con un tipo de arqueas, las haloarqueas, que viven en hábitats con altas concentraciones de sal. "Son de relevancia en astrobiología porque se cree que serían similares a los microorganismos que podrían encontrarse en planetas como Marte", explica Abrevaya. Esa hipótesis se sustenta en el hallazgo de meteoritos marcianos que contienen halitas, rocas de sal similares a algunas encontradas en la Tierra y que tienen millones de años de antigüedad. "Dado que en estos meteoritos se hallaron halitas y que en nuestro planeta se encontraron estos microorganismos en rocas de sal, uno podría pensar que organismos similares podrían existir en otros planetas que poseen ambientes salinos tales como Marte", sugiere.

"En la búsqueda de vida fuera de nuestro sistema solar, los planetas que podrían albergar vida son aquellos que orbitan estrellas de tipo M. Estas estrellas emiten en el rojo y poseen una temperatura superficial que va desde los 3100 a los 3900 grados centígrados", detalla. Las estrellas se clasifican mediante letras en una escala de mayor a menor temperatura, y sus colores van del azul (las muy calientes) hasta las rojas (tipo M), que son mucho más frías, pasando por las amarillas, como el Sol.

La investigadora somete a las arqueas a altos niveles de radiación UV, para determinar si pueden sobrevivir a las condiciones que existirían en algunos planetas extrasolares. En particular, trabaja con radiación UV-C, que es la más nociva por tener más alta energía. Esta no llega a la superficie terrestre gracias a que es retenida por la capa de ozono.

La radiación UV tiene cierta relevancia para la vida. Por un lado, es mutagénica y puede producir la muerte de los microorganismos. Pero, por otro lado, podría tener un efecto beneficioso en el caso de que esas mutaciones otorguen ventajas a los microorganismos, lo cual podría ser importante desde el punto de vista evolutivo.

Los organismos que no son resistentes a los rayos UV mueren a dosis mucho más bajas, por ejemplo, *Esquerichia coli* se inactiva luego de unos pocos minutos de ser irradiada. Los microorganismos resistentes, en cambio, tienen sistemas que les permiten bloquear la radiación UV. "In-

Recolección de muestras en distintos tipos de ambientes con condiciones extremas. Derecha: Recolección de muestras de plancton en un lago antártico (Bahia Esperanza) para análisis moleculares. (Gentileza: Cristina Marinone). Izquierda: María Eugenia Farías estudia las lagunas que se encuentran por encima de los 3600 metros, en la Puna andina (Gentileza M.E.Farías).

cluso, se vio que las altas concentraciones de sal pueden servir de pantalla a los rayos UV", comenta la investigadora, que irradia las arqueas con dosis muy altas.

Ella trabaja con dos especies de arqueas, una fue aislada en el lago salino Magadi, en Kenia, África. La otra proviene del sedimento del fondo del Mar Muerto. Estas arqueas halófilas que viven en medios salinos, también soportan la desecación. Normalmente, cuando hay mucha sal en el medio, por balance osmótico, el agua tiende a salir de la célula. En cambio, estos organismos pueden retener agua dentro de la célula gracias a las concentraciones de potasio o a la presencia de moléculas orgánicas especiales.

Los organismos extremófilos tienen interés en la biotecnología y la industria debido a sus enzimas. El caso típico es la enzima que se emplea en la técnica PCR, que se mantiene estable a altas temperaturas. En cuanto a los halófilos, se investiga la obtención de proteasas, con aplicación en la industria de alimentos, manufacturas de cueros, y textiles, entre otras.

Puna salteña

En la desértica Puna andina, la microbióloga María Eugenia Farías estudia la vida microscópica que habita las lagunas que están por encima de los 3600 metros sobre el nivel del mar. Allí predominan las condiciones extremas de salinidad, alto índice de radiación UV, baja presión de oxígeno y escasos nutrientes. Además, se producen drásticos cambios de temperatura: de noche, 20 grados bajo cero; de día, alrededor de 30 grados. Allí, en lagunas poco profundas, con alto contenido de arsénico y un pH demasiado ácido o muy alcalino, viven bacterias, arqueas y algunas pocas algas. Esas condiciones extremas son muy parecidas a las de la Tierra en sus orígenes.

"Estudiamos cómo se adaptan los organismos a la luz ultravioleta, al arsénico, o al exceso de sodio. A nivel molecular, estudiamos los nuevos compuestos que producen y que les permiten adaptarse, como pigmentos, antioxidantes, compuestos fitotóxicos, polisacáridos, entre otros."

Curiosamente, los investigadores encontraron que esos organismos tienen resistencia a los antibióticos. "Todas las bacterias de estos ambientes fueron resistentes hasta a ocho antibióticos, y en concentraciones mayores a las aceptadas", afirmó Farías, responsable del Laboratorio de Investigaciones Microbiológicas de Lagunas Andinas, del Conicet.

Y agregó: "De este modo, la idea de que la resistencia es un fenómeno exclusivamente intrahospitalario podría ponerse en duda".

Dado que esos organismos son resistentes a tantos factores, los antibióticos serían un factor más. "Tal vez, esos ambientes extremos sean reservorios para estas resistencias. Desde el punto de vista epidemiológico, es para tener en cuenta, sobre todo pensando en las aves que migran de un lado a otro", reflexionó. Los investigadores también observaron a los flamencos que habitan las lagunas. Estas aves viajan y transportan consigo a los microorganismos de la laguna, ya sea en las patas, las plumas o en sus intestinos. Son grandes dispersores de enfermedades.

Rocas con vida

A 4000 metros de altura sobre el nivel del mar, Farías también encontró estromatolitos. Se trata de una asociación de algas y bacterias con minerales, que conforman una roca orgánica.

Hasta el hallazgo de la Puna, se habían registrado estromatolitos sólo en cuatro lugares del mundo: en Cuatro Ciénagas, al norte de México; Shark Bay, Australia; las islas Bahamas y en el parque Yellowstone, Estados Unidos. La mayoría de los que se han descripto están a nivel del mar y asociados con climas tropicales. En cambio, "los que encontramos en la Puna están a 4 mil metros sobre el nivel del mar, un lugar con mucha radiación ultravioleta, grandes cambios de temperatura, y muy pocos nutrientes", señaló Farías, y agregó: "Se cree que esos organismos viven en condiciones muy parecidas a las de la Tierra en sus comienzos, y también a las de Marte".

Los estromatolitos son los primeros registros fósiles sobre la Tierra, hace unos 3500 millones de años. Fueron pioneros en el planeta, cuando no había capa de ozono, ni oxígeno, y se producía mucha actividad volcánica.

En aquellas condiciones, la mejor forma que encontró la vida para sobrevivir fue asociándose. Los estromatolitos son asociaciones de organismos que pudieron hacer fotosíntesis y, lentamente, empezaron a liberar oxígeno a la atmósfera formando la capa de ozono. De ese modo, los estromatolitos cubrieron la Tierra, oxigenaron la atmósfera, y dieron lugar a la eclosión de vida que conocemos.

Los organismos extremófilos fueron pioneros en la Tierra. ¿Serán los que apaguen la luz cuando todo se termine?

Química y alimentos

Ollas, sartenes y pipetas

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

Numerosas investigaciones apuntan al plato. No solo a lograr producir recursos alimenticios en zonas desérticas, sino a obtener nutrientes saludables que mejoren la calidad de vida, así como también a conseguir envases comestibles y biodegradables que no contaminen el medio ambiente.

¿Por qué la leche desborda al hervir, y no ocurre lo mismo con el agua?, se preguntó cuando cursaba el secundario la doctora Sara Aldabe Bilmes. "No entendía por qué nadie me lo podía explicar, o lo que decían no me conformaba. En ese entonces estaba entre seguir la carrera de física o la de química. Esta duda me llevó a elegir química porque existía la orientación química física", recuerda, desde el departamento Química Inorgánica, Analítica y Química Física de la Facultad de Ciencia Exactas y Naturales (FCEyN) de la Universidad de Buenos Aires.

¿Por qué hay que freír con mucho aceite? ¿Cómo evitar que las verduras se decoloren cuando se cuecen? ¿Por qué hay que dejar reposar una pasta antes de cocerla? ¿Por qué el vino tinto adquiere un color marrón al envejecer? Éstos son algunos de los interrogantes que se hizo Hervé This, doctor en Fisicoquímica de los Materiales por la Escuela Superior de Física y Química de París. Él junto con Nicholas Kurti, profesor de la Universidad de Oxford e investigador en la física de bajas temperaturas, son los padres de la gastronomía molecular, a la que definen como "la exploración científica de las transformaciones y los fenómenos culinarios".

¿Unir ciencia y cocina? En verdad, como coinciden en el libro *El nuevo cocinero científico*, los biólogos Diego Golombek y Pablo Schwarzbaum, "la cocina misma es un arte y una ciencia, y conocer los secretos de hervores, frituras y congelados puede ayudar a servir una mesa de delicias". Y más adelante sostienen: "El mundo es una enorme cocina, y nuestras cocinas, peque-

Paula Bassi

ños universos donde todo el tiempo ocurren las más variadas reacciones químicas, físicas y biológicas".

Algunos de los ingredientes de esta relación son experimentar, probar nuevas texturas, derribar mitos. "This inventó una mayonesa que en vez de aceite lleva manteca para demostrar que era lo mismo", señala Aldabe Bilmes, y enseguida aclara: "Las emulsiones como la mayonesa comprenden una física muy compleja, al igual que el gel, que no es una materia líquida ni sólida". Acostumbrada a pensar en moléculas, ella dice que por "deformación profesional", cuando prepara un merengue para cubrir una tarta, por ejemplo, no puede omitir observar que está moviendo moléculas y tampoco puede dejar de descifrar el porqué del éxito de la receta de su bisabuela, a quien conoció. "Al batir las claras de huevo se le agrega aire que queda dentro de burbujitas. Si en vez de azúcar se agrega almíbar espeso caliente, –o sea una solución muy concentrada de azúcar–, el merengue queda más firme porque la mayor temperatura facilita la coagulación de las proteínas de la clara de huevo, y se forma una pared más rígida alrededor de las burbujas de aire", explica, sin dejar de sonreír con nostalgia, seguramente al evocar el recuerdo de sus ancestros.

¿Quién puede decir que no conoció lo más parecido a la felicidad cuando probó un bocado de su comida preferida? A fuego lento, amasado una y otra vez, largas mesas o no tanto, aromas inconfundibles, sabores predilectos alimentan el alma y tienen peso en todos los mortales dejando marcas de por vida. Saber cómo lograr efectos especiales en los platos y por qué ocurre lo que ocurre cuando se mezclan los elementos es uno de los aportes de la ciencia a la cocina, pero no el único. "Desde el mundo científico siempre se le ha dado mucha importancia a la alimentación por lo que ésta significa, y además esta industria pone mucho dinero en juego", remarca Aldabe Bilmes.

Vaya un dato, según cifras oficiales del INDEC, las manufacturas de origen agropecuario sumaron, en los primeros diez meses de 2010, un total de 18.852 millones de dólares.

De semilla

En ocasiones, los microscopios apuntan directo a la semilla, como por ejemplo la quinoa. Este "grano madre", como lo llamaban los incas, germina y origina una planta que soporta, estoica, condiciones extremas y logra desarrollarse en terrenos tan salinos como el mar, según demostró el equipo dirigido por la doctora Sara Maldonado, de la FCEyN, junto con científicos del Institute for Plant Ecology de la Universidad Justus-Liebig de Giessen, Alemania.

De aspecto parecido al mijo, 350 semillas de este pseudocereal apenas pesan un gramo, pero resultan muy nutritivas, a punto tal que la Organización para la Agricultura y Alimentación de las Naciones Unidas (FAO) la promueve como alimento alternativo de alto nivel nutricional. "Junto con investigadores de Chile hemos trabajado en un proyecto de la FAO en Mali, África, en lugares donde cuesta conseguir alimentos. Y, a cuatro meses de plantarla en zonas desérticas, se obtuvieron estas semillas que fueron distribuidas para ser incorporadas en las comidas tradicionales", añade Maldonado desde el Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental en Ciudad Universitaria. "Cultivos de quinoa se están imponiendo en todo el mundo", indica.

¿Cómo conservar mejor la quinoa? Esto atrajo la atención de Maldonado y de la doctora María del Pilar Buera, del Laboratorio de propiedades físico-químicas y conservación de biomoléculas de la FCEyN; pero no es lo único, sino también los distintos factores que pueden afectar la conservación de productos primarios como leche en polvo y otros lácteos, o formulaciones con antioxidantes, vitaminas o pigmentos. Preservar la mayor cantidad de tiempo un alimento o ingrediente ahorra innumerables pérdidas, y permite, en cierto modo, saciar el hambre de más comensales en el planeta pues es menor la producción que se pierde por putrefacción u otros problemas de deterioro. Por otro lado, "una mejora en la forma de conservación y de distribución permite acercar ciertos productos a zonas económicamente deprimidas, en las que se hace difícil mantener la cadena de frío", ejemplifica Buera.

El alimento no sólo es vital para sobrevivir, sino que también puede hacer la vida más saludable. En este aspecto, no pierde mirada la doctora Buera y su equipo. Ellos

Juan Pablo Vittori

Una de las líneas de trabajo de las doctoras Pilar Buera y Alicia Gallo consiste en desarrollar un producto innovador: bocaditos crocantes de sandía deshidratada que resulten una golosina saludable.

Paula Bassi

El licenciado Hernán Pablo Burrieza extrae granos de quinoa de plantas crecidas en una cámara de cultivo del Laboratorio de Agrobiotecnología (FECyN).

Paula Bassi

Granos de diferentes variedades de la "quinoa real" (Chenopodium quinoa Willd. cv. real) procedentes del altiplano boliviano.

están detrás de productos con valor agregado de componentes bioactivos, es decir "no sólo alimentan sino que tienen un beneficio adicional para la salud", precisa Buera.

En este sentido, un fruto de generoso tamaño como la sandía, y de bajo costo de producción, guarda en su colorado interior propiedades más que apetitosas. "Estudiamos el licopeno, un caroteno que es el pigmento rojo característico de la sandía. El licopeno, que se hizo famoso en el tomate, podría tener incidencia en prevenir el cáncer de próstata, según diversos estudios. Es que los carotenos –puntualiza Buera– tienen capacidad antioxidante que frena la acción de los radicales libres que pueden conducir a consecuencias negativas".

La sandía, muy conocida por todos, estaba poco estudiada, según señala Buera, y resultó que "tiene una alta concentración de licopeno". ¿Cómo lograr atraer su consumo dado sus saludables componentes? En su tesis doctoral, Alicia Gallo, de la Universidad de Luján, analizó la sandía deshidratada en distintos preparados con el fin de generar productos innovadores, según comenta Buera, directora de la investigación. Entonces, comenzó a desandar una línea de trabajo: "El objetivo es desarrollar bocaditos crocantes de sandía deshidratada que resulten una golosina saludable", indica, sin dejar de lado la idea motora. "Si los chicos se acostumbraran a comer distintas presentaciones de fruta en lugar de caramelos –destaca–, sería más saludable".

A veces, los alimentos no resultan tan saludables como se espera debido a los aditivos sintéticos que se le aplican. Y aquí también detiene su mirada el equipo de Buera junto con científicos de la Universidad de Ljubliana, de Eslovenia. "En la industria del aceite –relata– se usan antioxidantes sintéticos que tienen ciertos efectos negativos en la salud que ya están estudiados. Estamos investigando reemplazar los conservantes por productos naturales".

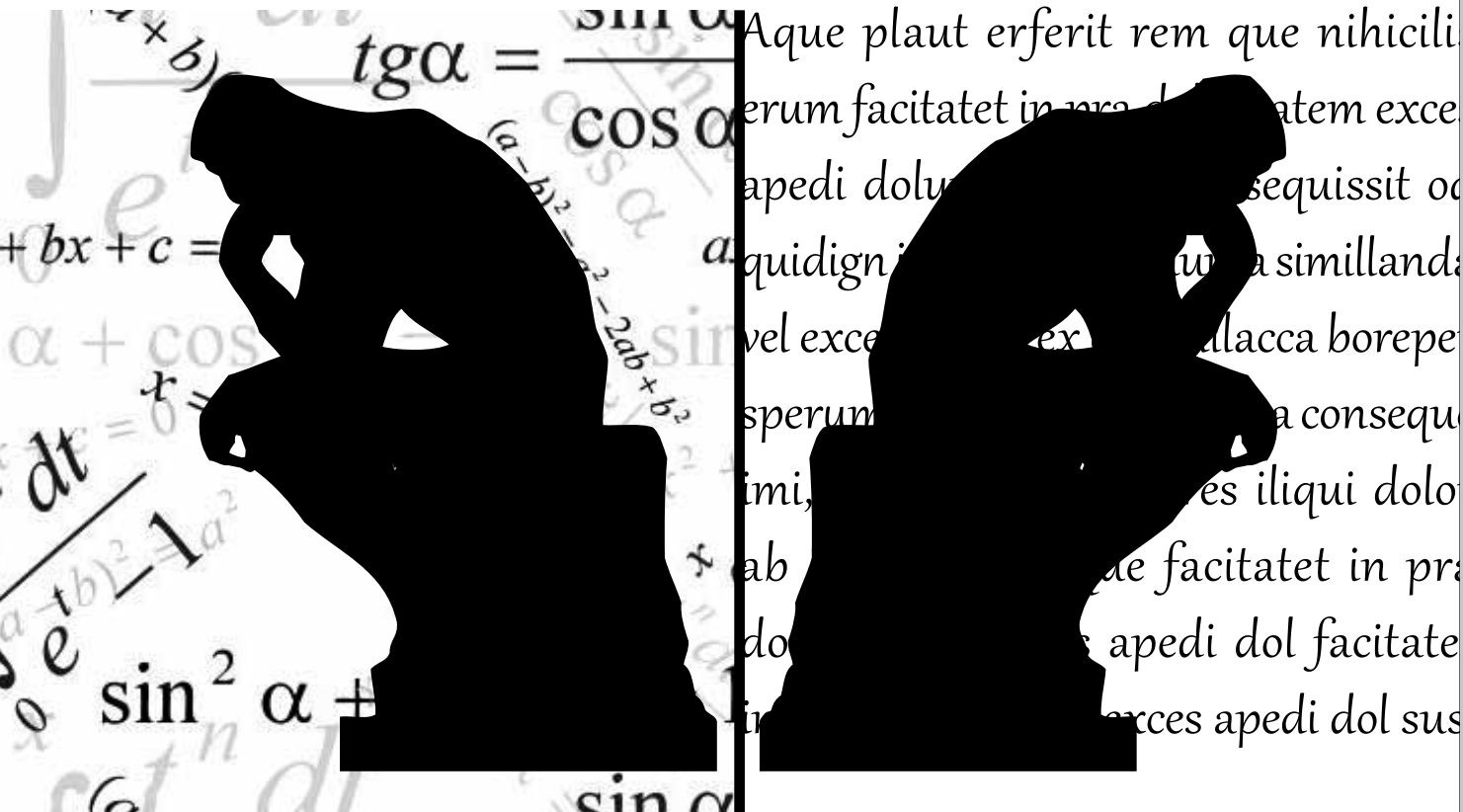
Junto con la doctora Buera, el doctor Horacio Corti de la Unidad de Actividad Química del Centro Atómico Constituyentes, y del Departamento de Química Inorgánica, Analítica y Química Física de la FCEyN, estudiaron las propiedades fisicoquímicas, tanto de equilibrio como de transporte de soluciones acuosas sobreenfriadas de trehalosa y de sacarosa. "La trehalosa (y en menor medida otros azúcares) protegen organismos contra el frío extremo evitando la aparición de hielo al formar soluciones sobreenfriadas o vitrificadas", señala Corti a la revista *Ciencia Hoy*, quien está preocupado por evitar que los cristales del hielo dañen irreversiblemente las membranas de las células durante la congelación. "Esta dificultad puede ser superada gracias al desarrollo de procedimientos para llevar las soluciones acuosas al estado de vidrios que, no solo no dañan las estructuras biológicas, sino que pueden conservar material a temperatura ambiente", subraya.

Como vemos, las preguntas son el principal alimento de las investigaciones, de las que no escapa la ciencia de la cocina. Pero además, los interrogantes pueden disparar vocaciones como a Aldabe Bilmes, quien luego de varios años encontró respuesta a por qué la leche al hervir desborda y no ocurre lo mismo con el agua. "El modelo lo obtuve cuando estaba haciendo mi tesis doctoral en medio de varias mateadas", recuerda y pasa a explicarlo: "Cuando se calienta la leche, el agua se evapora y se forman burbujas que tratan de escapar hacia la superficie del líquido. Paralelamente, las moléculas de grasa, que se separan por efecto de la temperatura, también van hacia la superficie pero allí la temperatura es menor, las moléculas de grasa interactúan entre sí, agrupándose y formando lo que conocemos como nata. Cuando las burbujas quieren escapar, se encuentran con un 'tapón de nata' y hacen presión sobre éste hasta que logran empujarlo, con los conocidos efectos sobre la cocina. Si se saca la nata a medida que se va formando, las burbujas pueden liberarse sin obstáculos y la leche hierve sin desbordar".

Conocimiento científico: ¿es objetivo o es una construcción social?

No es una novedad que existan distintas formas de analizar la realidad, con distintas teorías detrás, con detractores y defensores cada una. Hay voces que indican que es la ciencia el camino para poder comprender la realidad, para acercarse a la verdad. Hay voces que dicen que la ciencia es un discurso que solo permite construir un modelo de realidad, un juego retórico, un hecho literario. Y en el medio hay muchas otras, cerca, lejos y más lejos de los extremos. En este dossier, EXACTAmente le da la palabra a Marcelino Cereijido, Pablo Kreimer, Esther Díaz, Alan Sokal y Ricardo Cabrera, científicos e intelectuales que aportan su mirada particular sobre un tema tan controversial como apasionante.

Escriben:
Alan Sokal
Marcelino Cereijido
Esther Díaz
Pablo Kreimer
Ricardo Cabrera



Pablo Kreimer

Doctor en Ciencia, tecnología y sociedad (CNAM-STS, París). Profesor Titular de Sociología de la ciencia en las Universidades Nacionales de Quilmes y de Mar del Plata. Investigador del CONICET.

Sobre el conocimiento, la ciencia y la sociedad

La idea de "construcción social del conocimiento" es bastante antigua en las ciencias sociales: casi cincuenta años del famoso libro de Berger y Luckmann[1] o setenta y cinco si consideramos a Karl Mannheim[2]. Ambos planteaban esta tesis para el conocimiento acerca de la sociedad, pero dudaban sobre el conocimiento acerca del mundo físico y natural. Sin embargo, desde comienzos de los años setenta, algunos autores –en particular británicos– comenzaron a plantear la tesis de que "todo conocimiento es una construcción social", incluido, sobre todo, el conocimiento de las llamadas "ciencias duras". Ello dio origen a la llamada sociología del conocimiento científico, contrapuesta a la sociología de la ciencia, que se dedicaba hasta entonces a analizar las instituciones y las normas que regulan la investigación, pero dejaban de lado el conocimiento mismo y las prácticas científicas.

Las ideas según las cuales el conocimiento puede ser entendido como una "construcción social" vinieron a cuestionar la concepción según la cual se trataba de un "reflejo/representación próxima del mundo natural" que resulta develado gracias a condiciones particulares (algunos historiadores de la ciencia lo explicaron asignando, a algunos científicos, cualidades extraordinarias), a la acumulación de trabajo, al recurso de métodos rigurosos, etc. La noción de "descubrimiento", ampliamente adoptada, se refiere justamente a lo que se "des-cubre", es decir, que ya existía, pero permanecía oculto para el común de los mortales (nótese que el mismo juego de palabras funciona en inglés y en francés: dis-cover; dé-couvrir).

Sin meternos en una teoría del conocimiento, vale la pena sin embargo que nos interroguemos acerca de las relaciones entre "el mundo" (físico, natural, social) y los modos de conocerlo. El filósofo Ian Hacking señaló que las operaciones básicas que se pueden hacer con ese "mundo", al que (al menos por comodidad) podemos concebir como "externo" y como "real", son representarlo e intervenir sobre él [3]. Cuando lo representamos usamos, necesariamente, una serie de conceptos. Estos conceptos deben cumplir diversos requisitos pero digamos que el primero de todos es que deben ser comunicables, transmisibles a los demás, para que la práctica de la ciencia no se convierta en una actividad autista. Así, cuando elaboramos un concepto cualquiera, por ejemplo, el de "célula", el de "átomo", así como el de "clase social", lo que hacemos es intentar hacerle entender a otro qué tipo de mundo estamos observando y cómo intentamos comprenderlo.

Pasamos ahora a la segunda operación: intervenir sobre ese mundo. Naturalmente, lo primero que debemos "creer" es que ese mundo existe. Luego, para intervenir sobre él, ¿sobre qué nos basamos? Naturalmente, en nuestras representaciones sobre ese mundo. Por ejemplo, para intentar secuenciar el ADN de un organismo (por ejemplo, una bacteria), antes tengo que suponer (creer) que ese organismo existe. Sin embargo, la cosa no es tan fácil, y enseguida comienzan las dificultades: la noción de organismo está lejos de ser "natural". Antes tuvimos que hacer un procedimiento que identifique a "un" organismo como "unidad" y no como formando parte del "paquete" de materiales que conforman lo que podríamos llamar "nuestro objeto" de observación. Entonces, una vez que aceptamos que puedo identificar a esa unidad, todavía falta que le atribuya las características que tendrá una "bacteria", y que serán diferentes de otros "organismos" microscópicos. La complicación sigue: tengo que "creer" que la bacteria tiene una estructura compuesta de ácidos nucleicos que podemos identificar y representar. En este caso, siguiendo a

1. Berger, P y Luckmann, T., The Social Construction of Reality: A Treatise in the Sociology of Knowledge, NY, Anchor Books, 1966.

2. Mannheim, K., Ideology and Utopia: An Introduction to the Sociology of Knowledge. New York: Harcourt, Brace & World, 1936.

3. Hacking, I. Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science. Cambridge University Press, 1983.

Watson, Crick y a sus antecesores, esa estructura se podría representar con letras (ACTG), palabras, oraciones, textos.

Ahora bien, cuando vamos a intervenir, por ejemplo, haciendo pasar una corriente eléctrica para poder "leer" el código genético de la bacteria (sin que eso implique torturar a la pobre bacteria), ¿en base a qué intervenimos? Naturalmente, dirá el lector (todavía algo sensibilizado por el sufrimiento que le imagina a la bacteria), en base a nuestras propias representaciones. Vamos a la parte más provocativa de este argumento: cuando los habitantes de una tribu de África practican la danza de la lluvia es porque se representan que habrá una relación causa-efecto, según los designios de una entidad superior que se verá complacida con sus danzas, y dispondrá que llueva. Ya veo a alguien respondiéndome: "Pero eso no tiene ninguna base empírica: eso es mito/religión". Por supuesto, no voy a ponerme a hacer una tabla de frecuencia entre el número de bailes ejecutados y la cantidad de milímetros de lluvia registrados en la zona en cuestión: la llamada "ciencia moderna" está llena de ejemplos similares, puesto que, como ya estamos sospechando, se trata de una actividad social, y como toda actividad social se sustenta en creencias. La diferencia fundamental es que las "creencias" científicas no están basadas en el dogma ni son, por lo tanto, inmutables.

Volvamos un minuto al ejemplo del ADN: la forma de representación está, sin dudas, impregnada de nuestra cultura. ¿O alguien pondría en duda que nuestro lenguaje (en este caso nuestro alfabeto) es una producción social? Ahora bien, si nuestra representación está impregnada de nuestra cultura, y si solo podemos intervenir sobre el mundo en función de nuestras representaciones, el conocimiento no podría ser otra cosa que una actividad social. Alguien me va a objetar: "Pero el propio ADN existe independientemente de cómo lo representemos". Podemos dar dos respuestas a ello: la primera sería: "es cierto, aquello que llamamos ADN, mientras que no intervenimos sobre él, es independiente de nuestra cultura". La segunda sería, en realidad, una re-pregunta: "Si no tengo la capacidad de nombrarlo, de representarlo: ¿qué es lo que existe?".

Hace unos años, en un breve texto periodístico me preguntaba: "¿qué hubiera pasado si la estructura del ADN la hubieran propuesto los chinos? La pregunta es contrafáctica, pero arriesgo (y no me pidan que lo demuestre) que en vez de identificar "tripletes" hubieran propuesto un ideograma para cada uno, con lo cual posiblemente los modos de experimentar (intervenir) también hubieran sido diferentes, y hubieran perdido la noción de "unidad/singularidad" de las "letras" que son corrientes en la biología molecular actual (alguien podría argumentar que los chinos, que deben publicar en journals, lo habrían representado en inglés, pero eso es tan indemostrable como mi hipótesis).

La confusión, frecuente, es identificar "ciencia/conocimiento" con sus objetos de estudio, con "el mundo". Un montón de calcio y otros elementos que, para abreviar podemos llamar "químicos" no conforman un "Tiranosaurio rex" ni nada parecido. No está "allí" esperando a ser descubierto como los indios de una vieja canción de Les Luthiers que, ante la llegada del conquistador cantan en coro "¡Al fin nos descubrieron!". Si un arqueólogo/paleontólogo "descubre" el fósil en cuestión, es precisamente porque ya elaboró un conjunto de representaciones a partir de las cuales "eso que ve" tiene sentido. Por lo tanto el conocimiento en general y el conocimiento científico en particular podrían ser definidos como los intentos de "dotar de sentido" al mundo. ¿Alguien se atreve a pensar que el conocimiento "es" el Tiranosaurio? El conocimiento es, por el contrario, el modo de comprender aquello a lo que luego llamaremos "Tiranosaurio", "protón", "revolución", "proteína", "planeta", entre otros tantos conceptos.

Una prueba fácil del carácter social/cultural del conocimiento es observar cómo las creencias fueron cambiando

Aque plaut erferit rem que nihicilis erum facitatet in pra doluptatem exces apedi dolupta tiiscimus esequissit od quidign imporera ne solupta simillanda vel exces por as ex earit, illacca boreper sperumet as endicipsamus ea conseque imi, volorem aute volores iliqui dolor ab illorumquae que facitatet in pra doluptatem exces apedi dol facitatet in pra doluptatem exces apedi dol sus, essitskljhs idsñlkmini remoore doluktae

a lo largo de la historia. Lo cual se opone, naturalmente, al concepto de verdad, de objetividad, de independencia.

Y ya que hablamos de planeta: parece que el pobre Plutón sigue siendo el mismo, aunque ahora ya no hay derecho a llamarlo planeta (que parecía ser una verdad universal), porque la patota de los astrofísicos nos cambió… ¡el conocimiento!

Pero nada de esto es nuevo: hace casi cuarenta años el doctor Rolando García (que ya había sido decano de la FCEyN y vicepresidente del CONICET) ya señalaba que "hay coincidencia en rechazar el punto de vista estrictamente empirista sobre la existencia de hechos autónomos y objetivos. La concepción según la cual lo que hace el científico es comparar una teoría con hechos autónomos que están dados como tales es considerada como una descripción demasiado simplista de la práctica científica". Para él, "dado el mismo mundo, podría haber sido pensado, percibido, de manera diferente; podríamos hablar de él de manera distinta a como lo hace la ciencia actual". Y concluye en que "los hechos no están ahí, dados de una vez por todas: hay toda una concepción del mundo que va involucrada en su elección y en la manera de tratarlos" [4].

Si es entonces evidente que el conocimiento es una práctica social, ya es mucho más difícil establecer cuáles son las dimensiones sociales que lo influyen. Es relativamente fácil ilustrar cómo la representación del ADN está marcada por nuestra cultura alfabética. Pero es difícil avanzar mucho más lejos. De hecho, podría decirse que es el gran fracaso de la sociología de la ciencia que pretendió mostrar las "causas sociales" del conocimiento. Ha habido muchísimos intentos, como el de pretender que el trabajar con entidades individuales (átomos, moléculas, células, etcétera) es un emergente de una sociedad liberal donde prima el "ciudadano" por sobre el "colectivo"; que la disolución de ciertas divisiones disciplinarias tradicionales (por ejemplo, la división entre lo que es propio de los seres vivos y el mundo de materiales inorgánicos), implicadas en las nanociencias, es el reflejo de una sociedad postindustrial; que hay una constelación de intereses identificables (individuales, colectivos) en toda práctica científica, que son las relaciones entre determinados actores las que determinan el contenido del conocimiento, etcétera. Pero nada de esto parece demasiado sólido. Intentar establecer con solidez las dimensiones sociales del conocimiento es una tarea para el hogar para los sociólogos.

No poder admitir las mutuas limitaciones ha estado en el origen de lo que se llamó, absurda y pomposamente, la "guerra de las ciencias", en parte detonada por la divertida broma del físico Alan Sokal hace más de diez años (y de su libro, escrito con Jean Bricmont, menos divertido y lleno de falacias). Ni siquiera hay "dos culturas" como señaló J.P. Snow en los años sesenta (una "científica" y otra "literaria"): vivimos atravesados por múltiples culturas, y es bueno aceptarlo. Los científicos experimentales pueden aceptar que sus conocimientos son importantes y extremadamente útiles para la sociedad, pero aún así están basados en creencias y, por lo tanto, sujetos a cambios, a rupturas, a reformulaciones. Como toda creencia. Y la gente de las ciencias sociales debería hacer mejores –y más serios– esfuerzos para poder identificar (y explicar) las relaciones entre conocimiento y sociedad.

4. García, R. V. "Ciencia, política y concepción del mundo". Ciencia Nueva, Nro 14, Enero de 1972, págs. 23-25. Todas las cursivas son del autor.

Alan Sokal
Doctor en Física. Profesor del Departamento de Física de la Universidad de Nueva York, Estados Unidos.

Qué es la ciencia y por qué debería importarnos*

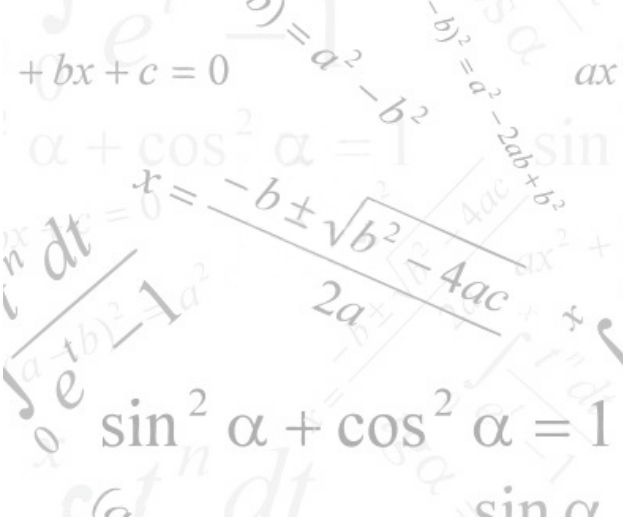
En una interpretación apresurada podría decirse que el título de esta nota remite a la relación Ciencia-Sociedad, pero la intención principal es la de resaltar la importancia no tanto de la Ciencia sino de la visión científica del mundo –un concepto que va más allá de las disciplinas específicas que pensamos incluidas en ella– para la toma de las decisiones colectivas de la humanidad. El pensamiento ordenado y la atención inclaudicable a la evidencia –especialmente la inconveniente, la no deseada, la que desafía nuestros preconceptos– son de altísima importancia para la supervivencia del género humano en el siglo XXI. Aunque parezca de Perogrullo, ya que nadie defendería abiertamente el pensamiento caótico y el desprecio por las evidencias, hay gente que, de hecho, envuelve estas dos prácticas en una neblina retórica destinada a ocultarle a su eventual audiencia y, en muchos casos a sí misma, las verdaderas implicancias de su razonamiento. Ya lo decía George Orwell hablando de la principal ventaja de hablar y escribir claro: "cuando digas o escribas un comentario estúpido, su estupidez será obvia, aun para ti mismo". Tratando de satisfacer a Orwell, esta nota intenta mostrar que las implicancias de tomarse seriamente una visión del mundo basada en las evidencias es bastante más revolucionario de lo que la gente piensa.

La palabra "ciencia" tiene, al menos, cuatro significados diferentes: la empresa intelectual orientada a un entendimiento racional del mundo natural y social; el corpus de conocimiento sustantivo corrientemente aceptado; la comunidad de científicos y su estructura social y económica y, finalmente, la tecnociencia.

Sin embargo, "ciencia", principalmente, expresa una visión del mundo que le da primacía a la razón, a la observación y a una metodología orientada a adquirir conocimiento preciso del mundo natural y social. Esta metodología está caracterizada, por sobre todas las cosas, por el espíritu crítico o el testeo continuo de aserciones a través de observaciones y/o experimentos –el test, cuanto más exigente mejor– y la revisión o el descarte de aquellas teorías que no superan el test. Un corolario del espíritu crítico es la falibilidad o el entendimiento de que todo nuestro conocimiento empírico es tentativo, incompleto y sujeto a revisión en la medida que aparezcan nuevas evidencias o argumentos convincentes. De todas maneras, por supuesto, raramente se descartan completamente los aspectos del conocimiento científico mejor establecidos.

Es importante notar que las teorías bien establecidas en las ciencias maduras están ensambladas por una potente red de evidencias entrecruzadas provenientes de una variedad de fuentes, nunca dependientes de un solo experimento crucial. Es más, el progreso de la ciencia tiende a conectar estas teorías en un esquema unificado, por lo que, por ejemplo, la biología tiene que ser compatible con la química y esta con la física.

Debe enfatizarse que el uso del término "ciencia" no está limitado a las ciencias naturales sino que incluye investigaciones orientadas a adquirir conocimiento preciso, de asuntos fácticos relacionados con cualquier aspecto del mundo, por medio del uso racional de métodos empíricos análogos a los empleados en las ciencias naturales. Notar la limitación a las cuestiones fácticas. Intencionalmente quedan descartadas las cuestiones éticas, estéticas, de propósitos finales y demás. Entonces, no solo físicos, químicos y biólogos sino también detectives, plomeros y todos los seres humanos, en algunos



aspectos de sus vidas diarias, practican ciencia rutinariamente. Por supuesto que el hecho de que cada tanto todos practicamos ciencia, no significa que lo hagamos igualmente bien o bien en todos los aspectos de nuestras vidas.

Pero, sorprendentemente, gran parte del mundo no comparte lo anterior. Los primeros adversarios de la visión científica del mundo son los posmodernistas académicos y los constructivistas sociales extremos. Insisten en que el llamado conocimiento científico no constituye conocimiento objetivo de la realidad externa sino que es una mera construcción social en igualdad de rango y validez con los mitos y las religiones. Los segundos son las pseudociencias. El Reino Unido ha introducido, en 2008, estándares de competencia en homeopatía, aromaterapia, reflexología y otras terapias alternativas para proteger a la población de sus practicantes inadecuadamente entrenados. Los terceros y los más antiguos, las religiones, o su más actual y ecuménico eufemismo de la fe que, desde el punto de vista de la etimología epistemológica, deberían llamarse supersticiones. Los cuartos, los gerentes mediáticos y los políticos comprados por las corporaciones que nos inducen a perder la capacidad de llamar genocidio a un genocidio, mentira a una mentira y fraude a un fraude.

Sin embargo, retornando a la definición de "ciencia", acotarla a la terna física, química y biología es insuficiente. El hombre vive en un único mundo real y las divisiones, casi administrativas usadas por conveniencia en las universidades, no se corresponden con ninguna frontera de la filosofía natural. Es contradictorio usar un conjunto de estándares para las evidencias en física, química y biología y súbitamente relajarlos para las de medicina, religión o política. En realidad, es posible hacerlo, como mucha gente hace, pero no hay justificación lógica en ello.

En otras palabras, la ciencia no es meramente la valija de trucos inteligentes útiles en la formulación de preguntas arcanas acerca del mundo inanimado y el de la biología. Es más, las ciencias naturales no son más ni menos que una aplicación particular, por cierto muy exitosa, de una visión racional del mundo mucho más general que está centrada en el hecho de que los supuestos empíricos deben ser sustentados por evidencias empíricas.

Afortunadamente, las lecciones aprendidas de la filosofía de las ciencias naturales, en los últimos cuatrocientos años pueden tener un valor real en otros campos de la vida humana, si son adecuadamente interpretadas. Esto no es imperialismo científico: nadie sugiere que los historiadores o los administradores de empresas deban usar exactamente los mismos métodos que la física; eso sería absurdo. Ni los biólogos usan exactamente los métodos de la física, ni los químicos biológicos usan los de la ecología, ni los físicos del estado sólido usan los de la física de partículas elementales. Los detalles del método de cuestionamiento, obviamente, deben adaptarse a la materia específica bajo estudio. No obstante, lo que permanece inalterable en todas las áreas de la vida es la filosofía subyacente: contextualizar nuestras teorías todo lo fuertemente posible dentro de la evidencia empírica y modificar o rechazar las teorías que fallan en compatibilizarse con esas evidencias.

Es por esta lección de epistemología general, más allá de cualquier descubrimiento, que las ciencias naturales han tenido tan profunda influencia en la cultura humana desde Galileo y Bacon. Si bien lo que primero viene a la mente de la gente cuando piensa en los éxitos de la ciencia son las predicciones bien verificadas acerca del mundo físico y biológico; en realidad, el costado crítico y escéptico de la ciencia es aún más profundo e intelectualmente subversivo. La visión científica del mundo inevitablemente colisiona con todos los otros modos de pensamiento no científico que pretenden hacer predicciones fácticas sobre el mundo. ¿Cómo podría ser de otra manera? Después de todo, los científicos se la pasan constantemente poniendo a prueba las teorías de sus colegas a través de sus rigurosas miradas conceptuales y empíricas. ¿En base a qué sustentos se puede rechazar la química del flogisto, la herencia de los caracteres adquiridos o la teoría particulista de la luz de Newton y a la vez aceptar la astrología, la homeopatía y las madres vírgenes?

La verdad crucial de la ciencia se extiende a la ética y a la política, más allá de su área de interés fáctico. Por supuesto que no se puede derivar un *debería* de un *es,* pero históricamente, empezando en los siglos XVII y XVIII en Europa y luego extendiéndose a todo el mundo, el escepticismo científico ha jugado el rol del intelectual ácido que, lentamente, disuelve las creencias irracionales que legitimaban el orden social y a sus supuestas autoridades, sean ellas el clero, la monarquía, la aristocracia o las autodenominadas razas o clases superiores.

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.

** Este artículo es un extracto de la conferencia "What is science and why should we care?" que dictara Alan Sokal para la "Third Annual Sense About Science lecture" el 27 de febrero de 2008 en el University College London. Traducción y adaptación: Guillermo Mattei y Claudio Iemi con autorización del autor.*

Esther Díaz

Doctora en Filosofía (Universidad de Buenos Aires). Profesora Titular de Metodología, directora de Posgrados en Investigación Científica e investigadora en la Universidad Nacional de Lanús.

¿Para qué *epistemología* en tiempos aciagos?

Es como si el mar hubiera llegado a la conclusión de que no se lo estaba tomando en serio y la tierra, por su parte, pensara lo mismo. El planeta se estremeció como si quisiera salirse de su eje. Se levantó una ola de proporciones apocalípticas, avanzó sobre una isla y arrasó casas, autos, trenes, personas. Tan pronto como los primeros sobrevivientes comenzaron a surgir desde el lodo y las cenizas se desató otra catástrofe. Las centrales atómicas no resistieron el embate de las fuerzas naturales y comenzaron a vomitar radioactividad. Los daños y las muertes son inconmensurables. Con ese entorno siniestro estoy tratando de escribir un artículo sobre epistemología y no puedo dejar de preguntarme si tiene sentido trabajar en algo teórico mientras –en este mismo momento– una multitud de personas, si no murieron en la hecatombe, están contaminadas o a punto de estarlo.

Sin embargo, sigo escribiendo. Pues considero que lo ocurrido, mejor dicho lo que continúa ocurriendo en Japón, no solo debe mover nuestra empatía con las víctimas, sino también nuestra reflexión sobre la dignidad con la que un pueblo puede llegar a asumir los desastres, ya sean naturales como el tsunami y el terremoto, ya sean inducidos por la (i)racionalidad humana como la catástrofe atómica. Y como esta última proviene de la ciencia, y la epistemología es pensamiento sobre la ciencia, entiendo que desde ella hay que asumir el desafío de elaborar –hoy más que nunca– conceptos sobre la tecnociencia, sus productos y sus consecuencias.

* * *

La epistemología del siglo XX, fundamentalmente en su versión anglosajona, hunde sus raíces en la tradición metafísica, aunque la niega y reduce la empresa científica a sus formulaciones lingüísticas bajo la forma de conceptos, hipótesis y teorías. El análisis lógico se convierte así en el eje de la reflexión epistemológica. Pero si pensamos que el discurso epistemológico se construye en la interacción con otras prácticas en el marco de un determinado dispositivo histórico, el juego hegemónico de su saber no es independiente del juego de las fuerzas sociales de una época histórica dada.

La tecnocracia hace referencia a esta estructura de poder que concibe a la sociedad como un conjunto de sistemas técnicos orientados a través del conocimiento que proporcionan las diferentes disciplinas científicas. La responsabilidad en la toma de decisiones recaería entonces sobre aquellas personas que acreditan competencia en la identificación de las soluciones óptimas para resolver conflictos, de un modo eficiente en la práctica y presuntamente neutral en lo ideológico.

Pero la ciencia no se reduce a un conjunto de proposiciones verdaderas que se validan de acuerdo a criterios metodológicos inmutables sino que se desarrolla como una empresa social con un alto grado de desarrollo institucional. Así pues, al igual que todos los otros ámbitos de la actividad humana, la tecnociencia resulta atravesada por valores, intereses y deseos que en modo alguno pueden ser reducidos a una ascética búsqueda de la verdad. Es por esto que toda teoría, aun aquellas con un alto grado de formalización, manifiesta una dimensión práctica constitutiva. Esto deviene evidente tan pronto como se desconstruye el complejo proceso social de producción de las teorías, o cuando este proceso culmina en aplicaciones tecnológicas que fabrican centrales atómicas en un país-isla zamarreado por terremotos y tsunamis. Sin considerar, en esta oportunidad, que ese mismo país ya había sufrido los horrores de Hiroshima, Nagasaki y los irradiados de Bikini.

La tecnociencia –como toda empresa social– requiere la formación de un consenso organizado para desplegarse. Surge entonces la necesidad de avanzar en la comprensión de las estrategias institucionales que garantizan este consenso. Estas estrategias se despliegan en un primer momento en el contexto de educación científico-técnica que, de acuerdo a pautas más o menos sistemáticas, cumple la función de transmitir y consolidar los métodos, técnicas y normas que indican en cada caso cómo se debe practicar la ciencia.

Aque plaut erferit rem que nihicilis erum facitatet in pra doluptatem exces apedi dolupta tiiscimus esequissit od quidign imporera ne solupta simillanda vel exces por as ex earit, illacca boreper sperumet as endicipsamus ea conseque imi, volorem aute volores iliqui dolor ab illorumquae que facitatet in pra doluptatem exces apedi dol facitatet in pra doluptatem exces apedi dol sus, essitskljhs idsñlkmini remoore doluktae

Es necesario recordar que el proceso de reflexión epistemológica también comienza en el contexto de la enseñanza. Esto nos enfrenta con una situación paradójica. Porque por una parte existe una multiplicación de investigaciones sobre el impacto social negativo de varias innovaciones tecnológicas, desde las que se evidencian las limitaciones de la epistemología tradicional por ocuparse solo de la historia interna de la ciencia. Pero, por otra parte, se advierte que esa posición heredada que reduce la ciencia a su historia interna, continúa dominando la organización curricular vigente y descalifica a quienes abordamos los estudios sobre la ciencia desde una visión expandida a la ética y lo político-social.

La constatación de esta paradoja es importante porque pone de manifiesto el papel reproductor de las instituciones educativas en relación al modelo todavía dominante en epistemología. Sin embargo la denuncia de esta función reproductora del sistema educativo no alcanza para su superación. Se necesita además el desarrollo de propuestas alternativas, orientadas hacia la revisión y ampliación de los proyectos educativos en sus diferentes niveles.

El abordaje teórico de la ciencia debe realizarse desde una perspectiva interdisciplinaria capaz de aprehender la compleja y multifacética trama tecnocientífica. La interacción recíproca que se establece entre discursos y prácticas en cada dispositivo histórico afirma los efectos políticos de la ciencia. Este reconocimiento debe posibilitar la construcción de un modelo que, aceptando la dimensión política de toda práctica discursiva, acepte asimismo la tarea de crear un nuevo marco conceptual para pensar la tecnociencia y enfrentar sus desafíos. Para ello es preciso tomar distancia crítica del modelo internalista propio de la concepción dominante –de herencia anglosajona y patrimonio reduccionista– y postular estudios epistemológicos que partan del núcleo duro de la ciencia pero se extiendan a las relaciones de poder y de deseo en las que se entreteje el conocimiento científico.

Además, resulta indudable que ya es hora de estimular la participación comunitaria en aquellas decisiones vinculadas directamente con los fines de la investigación tecnocientífica. Y si bien esto amerita un debate no solamente nacional sino, y fundamentalmente, internacional, se puede comenzar a imaginar la consolidación de un modelo integral, pluralista y multifacético de enseñanza de la epistemología a nivel local o regional. Esta perspectiva en filosofía de la ciencia aspira a estudiar la formulación de teorías científicas y sus validaciones, como lo hace la *epistemología dura*, pero en lugar de detenerse ahí aspira a extender el análisis a las múltiples relaciones de poder de las que surgen las teorías y sus modos de validación. Este segundo tipo de elaboración de conceptos responde a una *epistemología ampliada*.

El anhelo que subyace en la presente propuesta apunta a pensar en el muro que intenta separar la ciencia de su condición social. Pues la misión de la división *purista* es ocultar que la ciencia no solo es un dispositivo de saber, sino también político. Y así como ciertos grupos iniciáticos de la antigüedad guardaban sus secretos para aumentar su poder, la comunidad científica actual procura mantener el suyo proponiendo el hermetismo disciplinario (a lo Sokal) y ocultando que los productos de esas teorías se revierten en las personas, la naturaleza, la sociedad y el medio ambiente. La actual tragedia de las centrales atómicas japonesas es dramática prueba de ello.

Ahora bien, cuando se evoca ese obstáculo que procura aislar a la ciencia de su entorno y se escucha a prestigiosos científicos y epistemólogos predicar –incluso desde medios oficiales– que "la ciencia es inocente y no se la debe contaminar con sus aplicaciones tecnológicas" parecería que ninguna reflexión podría superarlo. Sin embargo, aun en situaciones adversas –o precisamente a causa de ellas– considero que hay que seguir construyendo una epistemología militante, porque es justamente desde el pensar que se puede comenzar a cambiar la realidad.

Marcelino Cereijido

Doctor en Medicina (Universidad de Buenos Aires). Profesor Titular de Fisiología y Biofísica del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, México. Investigador Nacional Emérito y miembro del Consejo Consultivo de Ciencia de Presidencia de la Nación (México).

Entre el orden de lo conocido y el caos de lo ignorado

Un organismo solo sobrevive si interpreta eficazmente su realidad. La casi totalidad de esas interpretaciones son inconscientes; aun en los humanos. La conciencia tiene unos cincuenta mil años, y no ha jugado ningún papel en el origen de la vida, su evolución, su exuberante biodiversidad, ni en el desarrollo y fisiología del cerebro, que es el órgano con que hacemos ciencia. El *Homo sapiens* no es excepción, pero por supuesto, una vez que desarrolló una conciencia, la sumó a los atributos con que interpretaba la realidad. En un primer momento, tendió a suponer que las propiedades de las cosas se deben a que tienen un ánima. Fue el momento de la "manera animista" de interpretar la realidad. Luego se pudo hacer una transición hacia los politeísmos, en que cada territorio de la realidad está a cargo de una deidad. Lo que cada dios del politeísmo hace en su reino solo tiene que ser coherente con la fracción de realidad a su cargo. Luego en la transición hacia los monoteísmos, la única deidad y toda la realidad a su cargo requirió que el *Homo sapiens* inventara ni más ni menos que la coherencia de Dios.

La sistematización del monoteísmo judeocristiano y los requerimientos epistemológicos para lograrla permitieron luego un salto intelectual descomunal hacia la "manera científica" de interpretar la realidad, que consiste en hacerlo sin invocar milagros, revelaciones, dogmas ni el Principio de Autoridad (PdeA), por el cual algo es verdad o mentira dependiendo de quién lo dice: *La Biblia*, el Papa, el rey, el padre.

Esta manera de ver las cosas difiere de la "ciencia ortodoxa" que figura en las enciclopedias y que afirma que la realidad está parcelada en disciplinas. Para interpretar los diversos campos de la realidad se requieren esquemas conceptuales y una parafernalia de aparatos extremadamente diversos, que una sola persona ya no puede abarcar. Eso lleva a los ortodoxos a decir "la ciencia *y* la filosofía". Para mí, en cambio, la filosofía es una disciplina científica porque elabora interpretaciones (idealismo, racionalismo, empirismo, etc.) y sistemas filosóficos (de Aristóteles a Kant, a Bunge) sin recurrir a milagros, revelaciones, dogmas ni al PdeA.

En un primer momento, la ciencia fue tomada como una suerte de ajedrez puramente intelectual, y no se sospechaba que la realidad-de-ahí-afuera pudiera "obedecer" a sus postulados. No se podía contradecir a un geómetra griego que dijera "Todos los diámetros de una esfera son idénticos" mostrándole una bola de madera. "Solo me estoy refiriendo a esferas ideales", hubiera respondido. Pero luego, comenzando tal vez con Galileo, se encontró que, aunque con imperfecciones, la realidad solía seguir muy de cerca los desarrollos científicos, al punto que podíamos aprender de ella cosas y luego incorporarlas a esa ciencia, que seguía apareciendo como "una aventura de la razón". Pero, por ejemplo, Descartes cayó en la cuenta de que cuando la razón se encarniza en urdir posibilidades y alternativas, acaba naufragando en un mar de ambigüedades; por eso preconizó que, en dicho momento, se saliera a ver cuál de todas esas posibilidades teóricas –si alguna– se correspondía con lo que sucedía en la realidad.

Luego, cuando se le encontraron aplicaciones útiles, la ciencia llegó a ser distorsionada por la impertinencia administrativa. Eso dio lugar a una marejada de tonterías, porque no hay una epistemología para entender y otra para aplicar. Algo se sabe o no se sabe y, si no se sabe, hay que recurrir a la ciencia, a la única (sin distinción entre básica y aplicada). Pero cuando descubrieron que podían, así y todo, manipular el presupuesto para impedir que los científicos continuaran haciendo desarrollos "básicos" porque juzgaban que así lo requería la frontera entre el orden-de-lo-conocido y el caos-de-lo-ignorado donde trabaja la investigación, los burócratas estuvieron en condiciones de forjar nuevas formas de tonterías, porque nadie puede aplicar algo que no tiene y sobre todo si no sabe hacerlo, siendo que tanto al científico como a la ciencia que aplica, los produce la ciencia misma. Hasta el

proyecto más aplicado (curar una enfermedad, producir un combustible que no contamine, hacer una cámara más barata) debe ofrecer de entrada un cierto argumento de por qué pensamos que haciendo esto o aquello podríamos lograr una aplicación útil o –para regresar al administrador– mercable.

El patrimonio cognitivo no es un rejunte de saberes, sino que trata de maximizar su coherencia interna. Pascal decía que es tan sistemático y coherente, que se asemeja al cerebro de una sola persona que aprendiera continua e indefinidamente. Con todo, aparecieron huesos duros de roer, por ejemplo cuando se llegó a la conclusión de que la luz tiene comportamiento de ondas y también de partículas. Otros fueron el *Principio de Incertidumbre* de Heisenberg, el *Teorema de Gödel*, y así. Hubo también trifulcas proverbiales, por ejemplo la que llevó a Einstein a decir que Dios no juega a los dados. También lo fueron los relativismos que intentaron imponer una suerte de ética a una ciencia que no parece necesitarla, aunque el científico sí deba tenerla. Pero lo importante es que, hasta ahora, cuando algunos de esos conflictos se logran aclarar, no demuelen la ciencia ni la remplazan por un sistema distinto de conocimientos. El "sistema científico" es *por el momento* el que más se corresponde con la realidad. Esos "huesos" se toman como contingencias del *hacer* ciencia, debido a la tosquedad de nuestros aparatos, a la inadecuación de las herramientas matemáticas que tenemos, a la necesidad de forjar mejores enfoques. En una palabra, la manera científica de interpretar la realidad es un producto de la evolución, y sigue evolucionando.

Luego hay actitudes humanas, prácticas sociales, comprensibles y perdonables. Por ejemplo, la evolución seleccionó homínidos que tuvieran una flecha temporal cada vez más larga (que abarcara más futuro), porque facilitaba la concepción de mejores modelos mentales dinámicos (en función del tiempo), que permitieran tener en cuenta más variables y observables. Pronto se seleccionaron homínidos con flechas tan largas que llegaron a percatarse de que hay un futuro en que habrían de morir. Como el ser humano hizo del conocer su herramienta para sobrevivir, el saber lo reconforta y la ignorancia lo aterra. Como nadie regresó de la muerte para explicar qué habrá de suceder una vez que muramos, la muerte se erigió en la máxima fuente de angustias.

Pero aquí entró al rescate otro atributo que es también producto de la Evolución: *la capacidad de ser creyentes.* Si se estaba jugando al "conocer", otorga una clarísima ventaja poder incorporar no solamente lo que uno descubre o aprende, sino todo el patrimonio cognitivo que fueron atesorando otros y que ahora nos regalan a través de la crianza y la educación. Se forjaron entonces modelos místicos, basados en que si uno ha tenido una vida virtuosa, si ha observado los mandatos religiosos de su credo, irá a un paraíso. Las religiones apaciguaron al creyente. Después de milenios de seleccionar creyentes que se manejan con modelos religiosos (un 99% de la humanidad) no es fácil arrebatarle al humano esta muleta espiritual. Incluso he visto ateos acérrimos que, en camino al quirófano donde le habrán de destapar una coronaria que amenaza matarlo, recaen en el misticismo más delirante, al igual que boxeadores que se persignan al inicio de cada round buscando protección.

Para mí, la comunidad científica integra *científicos e investigadores.* Sería deseable que ambos fueran la misma persona, pero no es así. Tengo colegas que jamás aceptarían milagros ni revelaciones ni dogmas para interpretar un fenómeno, pero no pueden ganarse la vida profesionalmente, porque carecen de suficiente originalidad. Y al revés, otros colegas son un manantial de nuevos conocimientos, pero creen a pie juntillas que el hombre fue creado como un muñequito de barro. Dicho sea de paso, la originalidad surge de lo más recóndito del inconsciente, cuyas leyes por ahora desconocemos. Puedo enseñarle a un discípulo a planear, demostrar, pero no a concebir ideas realmente novedosas. Por eso la ciencia *no es* un producto exclusivo de la razón. La razón entra a último momento, cuando discutimos resultados e interpretaciones y cuando redactamos artículos en los que el editor nos obliga a ocultar corazonadas que fueron cruciales, pero que él considera anecdóticas e innecesarias para incorporar un nuevo conocimiento.

Ricardo Cabrera
Biólogo (Universidad de Buenos Aires). Profesor de Física. Docente del CBC. Director de la revista EXACTAmente.

Anticiencia

Nuestra sociedad vive una esquizofrenia preocupante en torno a la ciencia. Por un lado, los educadores y la sociedad en general se llenan la boca de alabanzas hacia la pródiga ciencia: "el pensamiento crítico que tan bien se entrena en la arena científica, es necesario para todos los órdenes de la vida moderna"; y no hay educador que deje de ponderar la importancia de la enseñanza de la ciencia en todos los niveles educativos.

Por otro lado, sigilosamente, crecen las posturas anticientíficas muchas veces fogoneadas por instituciones educativas (desde las escuelas, profesorados y universidades, hasta ministerios) y por un amplio sector de intelectuales generalmente identificados con posiciones de izquierda. Es justamente ahí en donde la esquizofrenia social se va de escala.

Mientras directivos, educadores, padres y maestros declaran que pretenden de la escuela la adquisición del pensamiento crítico, autónomo y el escepticismo criterioso, toleran a la vez la educación religiosa, la fe irracional. Lo que resulta inentendible es que amplios sectores de la intelectualidad cultiven y promuevan el pensamiento acrítico, relativista, demagógico y laxo.

A estos intelectuales se los identifica habitualmente con las corrientes posmodernistas, relativistas culturales, relativistas epistemológicos, constructivistas sociales, etcétera. Todas estas corrientes son anticientíficas. Fomentan la irracionalidad, la tolerancia al pensamiento mágico, la proliferación y el avance de las pseudociencias.

Cuando me refiero a la actitud anticientífica no estoy haciendo una defensa corporativa de una pequeña comunidad de gente medio loca y con guardapolvo. Me refiero lisa y llanamente a las bases del pensamiento científico: la racionalidad, la ausencia de principio de autoridad, la validación por la evidencia…

Minando las bases

En la Argentina, los profesorados de ciencia someten a los estudiantes a un bombardeo de creencias relativistas del estilo "no hay verdades objetivas", "el pensamiento científico no persigue la verdad", "hay una ciencia de cada cultura y cada cultura tiene su verdad", "el conocimiento científico es una construcción social" y cosas por el estilo. Es –más o menos– el discurso oficial de nuestros profesorados, de donde salen los docentes de ciencias que a su vez lo trasmiten a los más jóvenes.

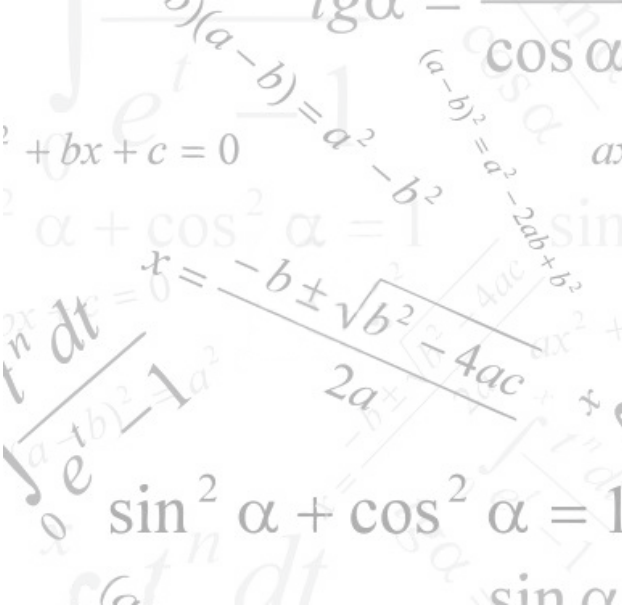
Los relativistas culturales parecen enternecidos con las culturas de los pueblos originarios. Pregonan que sus cosmologías (la pachamama, el hinduismo, el shamanismo) son tan válidas y legítimas como la científica. Pero no aclaran qué criterio adoptar para resolver las contradicciones entre unas y otras. Parecen tolerar que dos afirmaciones contradictorias puedan ser verdaderas ambas. Por ejemplo: "la Tierra se formó hace 8000 años" y "la Tierra se formó hace 4500 millones de años". Pueden ser ambas falsas (por supuesto), ¡pero no pueden ser ambas verdaderas! El desprecio profundo que los relativistas culturales profesan por la lógica le tiende una alfombra de terciopelo al negocio de las medicinas alternativas y brujerías que se alimentan de la ignorancia y de la falta de pensamiento crítico.

Cómo evitar en los jóvenes el siguiente razonamiento: ¿Para qué voy a fatigar mis neuronas con el álgebra, el cálculo y la física si puedo llegar a una cosmología equivalente con sólo internarme en estos otros relatos tan bonitos y accesibles? ¿Para qué hablar de ADN, evolución, genes, introns y operones si la versión de la fuerza vital es mucho más sencilla y tan auténtica como la científica?

No faltan trasnochados que dicen que la ciencia es una herramienta de dominación imperialista, un producto burgués, machista, una forma de ideología capitalista, que se impone y legitima por vías hegemónicas como tantos otros productos culturales de occidente. La propaganda posmodernista es tan intensa que muchos incautos compran. Son tan baratos y tan chispeantes los espejitos de colores…

La verdad verdadera

Si el conocimiento científico no fuera verdadero las computadoras no funcionarían, los medicamentos no curarían, las



sondas espaciales no llegarían a destino, y la tecnología un fracaso comercial. Pero el mundo cambió estrepitosamente porque hay una tecnología que funciona y crece basándose en el conocimiento científico. No es tan difícil de entender.

Es cierto que no hay demostración lógica, definitiva, de que se haya alcanzado la verdad absoluta en ningún conocimiento. Pero nos basta con saber que algo es verdadero más allá de toda duda razonable. Los conocimientos científicos consolidados, o sea, aquellos que se han corroborado varias veces empíricamente, suelen alcanzar ese grado de verosimilitud tal que es ridículo dudar de ellos. No es razonable desconfiar de que la sangre circule. Es risible poner en duda que el ADN es una doble hélice. Es irracional plantear que entre dos especies cualesquiera no haya habido un ancestro común. El progreso científico es una realidad, porque cada vez es mayor la acumulación de conocimiento del cual sólo los chiflados podrían dudar. La gente cuerda se maneja con aproximaciones a la verdad. Llama "verdad" a eso: a aquello de lo que no se duda a menos que uno esté chiflado. Y la ciencia no pretende más que eso, pues alcanza y sobra. Si los filósofos no encuentran un método de validación absoluta, bueno... Tal vez no lo haya. Pero nadie piense que esa derrota puede afectar la validez de la ciencia.

El decimonónico positivismo

Eso sí, hay que admitirlo, el positivismo ya está viejo y pasado de moda. Se trata de una doctrina iniciada por el filósofo y matemático francés Auguste Comte en el siglo diecinueve. Concibe a la ciencia como una forma de saber que se remite exclusivamente a los hechos y a las relaciones entre los hechos. O sea, un empirismo puro. Y asume que la verdad puede alcanzarse de esa manera. De esta tradición surgen los trabajos de Robert K. Merton, que esbozó un "esquema" de la ciencia. Son cuatro "normas". La universalidad, o sea, no es relativa ni perteneciente a una sociedad particular. Es comunitaria, es decir, sin restricciones en el conocimiento científico (lo que se descubre, se comparte). Es desinteresada, o sea, el conocimiento no está sujeto al poder ni político ni económico. Por último, sostiene un escepticismo organizado, una rigurosa observancia de la duda metódica, el libre examen y la comprobación.

El positivismo tuvo muchos más aportes, correcciones y modificaciones. Luego fue muy criticado y aparecieron nuevas corrientes filosóficas. Vino el realismo, el falsacionismo, el externalismo, el externalismo moderado y externalismo fuerte, después vino el constructivismo, después apareció el modernismo, el posmodernismo y en el medio seguro que está la filosofía lingüística, y así nos vamos modernizando y dejamos atrás los siglos pasados de moda.

Pero hoy, cuando uno entra en un laboratorio cualquiera y encuentra un científico, ¿qué es lo que encuentra? ¿Qué hace ese señor o esa señora, qué piensa ese individuo de lo que él mismo hace? Pues bien, lo que uno encuentra es un positivista en bruto. En general, se trata de una persona que de epistemología ni jota y menos aún de filosofía. Que no tiene mucho tiempo de dedicarse a otras ramas de la cultura (pero no se jacta de ello). Que trabaja frenéticamente en ciencia poniendo el foco en la evidencia y no se conforma con nada menos que con la verdad. Y lo hace de un modo tan parecido a como lo describió Merton que no es fácil hallar una diferencia, si es que la hay. El modo de pensar, de encarar los experimentos, de sacar conclusiones, de planear la investigación, de entender el mundo… Es formidable, efectiva y decimonónicamente positivista.

Por qué tanto silencio

Con justo derecho, uno puede preguntarse por qué la comunidad científica no denuncia con gran estruendo este atropello a la razón. El principal motivo es que los científicos siempre estuvieron mucho más interesados en sus investigaciones que en las repercusiones sociales de sus investigaciones. Por otro lado, como ya lo expresó ácidamente Richard Feynman, la filosofía de la ciencia es casi tan útil para los científicos como la ornitología lo es para los pájaros.

Para quienes estamos preocupados por lograr un mundo más justo, más igualitario, sabemos que conocer es necesario para cambiar; y vemos con mucha tristeza –e indignación– que cierta porción estúpida de la izquierda renuncie a la racionalidad. La verdad es aquello que no se puede comprar, es lo que la evidencia dictamina. Cuando el único árbitro es el universo, los poderosos se quedan sin opciones.

Aun cuando el interés no fuese político, comunitario, la verdad, la razón y la objetividad son –por sí solos– valores dignos de ser defendidos y protegidos. Por eso es necesario denunciar la anticiencia ahí donde uno la encuentre. Honestidad intelectual, de eso se trata.

Las enseñanzas del Maestro Ciruela

Desafío

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

Imagínese que un equipo de fútbol va primero en la tabla de posiciones y es tan bueno que el resto de los contrincantes tienen pocas chances de ganarle. Tanto es así que desde el inicio de los partidos los adversarios circunstanciales no ofrecen resistencia. Para qué esforzarse si igual van a perder. Más, le digo. Suponga que los adversarios lo ayudan al futuro campeón a meter goles y los encuentros terminan 36 a 1 (nuestro puntero siempre cede el gol del honor), o 42 a 3 (como para disimular un poco). Claro está que un fútbol así dejaría de existir en dos temporadas. No atraería a nadie. Pasaría al olvido sin remedio. La realidad, por suerte, es todo lo contrario. Lo que hace atractivo al fútbol –y a casi todos los deportes– es el desafío, la confrontación. La chispa que enciende el fuego está en la rivalidad, en el combate.

En la docencia –y en muchas actividades humanas– pasa lo mismo. Cada encuentro en el aula, el taller o el laboratorio es un desafío, un reto, un duelo a todo o nada. Los docentes que no viven de ese modo sus clases han de quedarse afuera de la liga. Hay algunos que le ponen tan poca sal a sus clases que resultan más insulsas que chupar un clavo nuevo. Están entregados o no comprenden el desafío. Pero de cualquier modo es muy improbable que puedan enseñar algo.

Ahora bien, no se confunda: no son sus alumnos los adversarios. Y si usted es un buen docente encontrará que es fácil enrolar a sus estudiantes en su mismo equipo. Los contendientes son la dificultad de ellos para entender o para sacarse los preconceptos, la necesidad de estar despiertos, alertas, y las dificultades del docente para hacerse entender, para elegir el camino del aprendizaje, para entablar el vínculo fértil, para plantear una intriga, para estimular, etcétera, etcétera. Hay centenares de obstáculos que vencer tanto para ellos… como para usted, que es el director técnico. Arme un equipo, no esquive la charla del vestuario, radiografíe los contrincantes y espontáneamente, naturalmente, buscarán retar las adversidades, ganar cada partido y ser campeones a fin de año.

El jugador al que le toca hacer banco se frustra, se come las uñas, los codos, no ve la hora de que el técnico lo convoque al campo. Jugar al fútbol es divertido, apasionante, desintoxicante, emotivo. Hay una lucha a muerte en cada encuentro. Cuando uno se calza los botines no lo hace para descansar, ni por compromiso, ni por obligación... y al que vuelve con la camiseta sin transpirar se lo mira con mala cara. Pues, lo mismo que hay en la cancha hay en el aula: un desafío en cada clase. Y los goles son amores. Si así no fuese, mi amigo, ganar no daría tanta alegría.

HUMOR
por Daniel Paz

Longevidad

¿Cuánto podremos vivir?

Gabriel Stekolschik | gstekol@de.fcen.uba.ar
Ilustraciones de Hernán Bermudez

El día en que murió, el 4 de agosto de 1997, la francesa Jeanne Calment llevaba vividos 122 años y 164 días. Aunque el Génesis del Antiguo Testamento afirma que Matusalén alcanzó la edad de 969 años, el caso de Calment es el del individuo más longevo de la historia de la humanidad científicamente documentado.

Según los registros del Gerontology Research Group, al momento de escribirse este artículo la persona más vieja del mundo es el norteamericano Besse Cooper, con "apenas" 114 años y 235 días de vida comprobados y, según la misma Organización, en todo el planeta habría solamente 86 personas "supercentenarias", es decir, con más de 110 años (ver recuadro "*Top Ten*"). Sin embargo, la ciencia está convencida de que, en pocas décadas, será rutinario cruzarse con humanos cuya existencia vaya más allá de los 100 años. De hecho, en la actualidad, uno de cada 10.000 habitantes de países industrializados ya alcanzó esa edad.

Es que, en el último siglo, los progresos médicos y sanitarios hicieron crecer la expectativa de vida más que a lo largo de toda la historia del *Homo sapiens*. Hasta hace dos siglos y medio, la esperanza de vida (el promedio de la cantidad de años que vive una determinada población) era de alrededor de 30 años, en tanto que, en la actualidad, esta variable poblacional ya supera los 80 años en varios países. En este contexto cabría preguntarse si algún día seremos capaces de alcanzar la inmortalidad o si, por el contrario, existe un límite de la vida impuesto por nuestros genes.

Vivir más y crecer menos

Varios ensayos efectuados en distintos modelos experimentales, como levaduras, gusanos, moscas y ratones, han logrado extender la vida de esas especies de manera significativa. Por ejemplo, se comprobó que, si se somete a un ratón a una dieta restringida en calorías pero rica en nutrientes, vivirá un 50 por ciento más que lo habitual, y que si, además, se le efectúan ciertas alteraciones genéticas y/o se los trata con ciertos inhibidores químicos, duplicará su tiempo de vida normal. De igual manera, cuando se realizaron los mismos experimentos con el gusano *Caenorhabditis elegans* se consiguió acrecentar su existencia varias veces.

Si alguna de estas estrategias puede servirnos para vivir más tiempo todavía está lejos de comprobarse. Lógicamente, recrear estas experiencias en seres humanos acarrea riesgos, algunos conocidos (se sabe, por ejemplo, que la restricción calórica reduce la fertilidad); pero la gran mayoría todavía son inciertos. Por otra parte, considerando que los voluntarios deberían ser personas que hayan envejecido lo menos posible (es decir, jóvenes), comprobar el éxito de cualquier experimento para prolongar la vida humana puede llevar muchísimos años. Incluso, es probable que los investigadores que inicien el estudio estén muertos antes de que el experimento concluya.

Ante estas dificultades, algunas investigaciones actuales se focalizan en el estudio genético de las personas excepcionalmente longevas, con el fin de hallar genes relacionados con la duración de la vida. Así se han encontrado algunas variantes genéticas que –se sospecha– podrían estar involucradas en este proceso.

Por ejemplo, en un trabajo publicado en la prestigiosa revista científica *Proceedings of the National Academy of Sciences*, en el que se estudió a familias judías Ashkenazi que eran conocidas por la longevidad de muchos de sus miembros, se comprobó que un grupo de esos individuos, de entre 95 y 108 años de edad, era propenso a poseer ciertas mutaciones específicas en el gen que regula la acción de un factor del crecimiento denominado IGF-1. Según los autores de ese trabajo, esas mutaciones harían que las células sean menos sensibles al factor de crecimiento, que tiene efectos en el tamaño corporal. De hecho, observaron que las personas portadoras de estas mutaciones son algo más bajitas que la media pero, a cambio, viven más tiempo. Aparentemente, la "menor sensibilidad" de las células a IGF-1 se traduciría en que las células se dividirían en forma mas lenta. Por lo tanto, llegar al mismo número final de células llevaría más tiempo de vida.

Un estudio publicado por estos días en *Science Translational Medicine* agrega más pruebas a favor de que IGF-1 tiene algo que ver con la longevidad: la investigación demostró que los habitantes de un pueblo de Ecuador, que no miden más de un metro de altura debido a que poseen una mutación en el gen que produce el receptor de la hormona de crecimiento, no desarrollan cáncer ni diabetes, dos patologías relacionadas con el envejecimiento. Asimismo, el enanismo de estos ecuatorianos, denominado sindrome de Laron, puede ser prevenido en gran medida si a los niños se les administra IGF-1 antes de la pubertad.

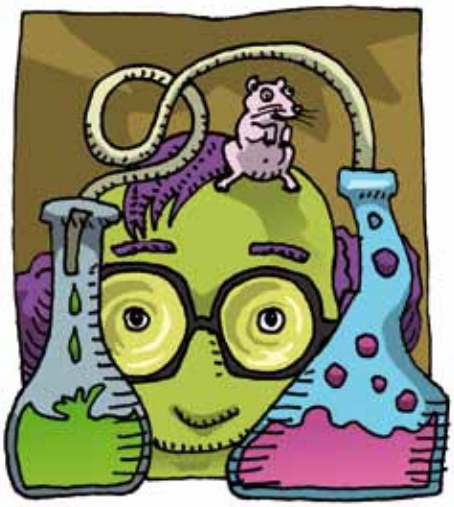
En coincidencia con estos hallazgos está el hecho de que los animales alimentados con dietas restringidas en calorías, además de vivir más tiempo, tienen bajos niveles de IGF-1. Cabe aclarar que el tratamiento hipocalórico no siempre es efectivo para todos los individuos de la misma especie, sino que el éxito depende de su constitución genética.

De todos modos, estos y muchos otros experimentos evidencian cada vez más que los distintos caminos del metabolismo en los que el factor de crecimiento IGF-1 está involucrado jugarían un papel significativo en la duración de la vida. Y esto es coherente con el hecho de que esas vías metabólicas están presentes, de una u otra manera, en todos los organismos que envejecen.

Inmortalidad

Los primeros organismos que poblaron la Tierra, las bacterias, no envejecen. Estos microbios, que están conformados por una sola célula, en algún momento de su vida se dividen para dar lugar a dos células hijas las que, a su vez, repetirán el proceso a lo largo de infinitas generaciones. En otras palabras, salvo que en el medio que las rodea ocurra algún acontecimiento que acabe con su vida, las bacterias no mueren sino que continúan su existencia en el cuerpo de sus hijas. Lo mismo ocurre con los demás organismos unicelulares actuales.

Pero cuando la evolución de la vida sobre el planeta dio lugar a los primeros



organismos pluricelulares –y, con ellos, a la diferenciación celular– la cosa cambió. Porque comenzaron a aparecer seres vivos cuyo cuerpo estaba formado por células diferentes entre sí, que se distinguían unas de otras para cumplir funciones diferentes, como la digestión, la circulación o la respiración, entre otras.

En términos muy generales, la mayoría de los organismos multicelulares cuentan con dos tipos celulares diferentes: por un lado, las células somáticas, que son las que conforman los órganos y sistemas del cuerpo; y por otro lado, las células germinales, que son las encargadas de producir los gametos, es decir, las células reproductivas. Mientras las somáticas envejecen, las germinales no lo hacen.

A propósito de este fenómeno, en 1891, el biólogo alemán August Weissman escribió: "Consideremos qué sucedió para que los animales y las plantas multicelulares, que surgieron de las formas de vida unicelular e inmortal, perdieran la capacidad de vivir para siempre. La explicación deriva del principio de la división del trabajo que apareció en los organismos multicelulares en una temprana etapa evolutiva y ha producido estructuras cada vez más complejas (…). Pronto las células somáticas sobrepasaron en número a las reproductoras y se subdividieron en sistemas de tejidos claramente diferenciados. Simultáneamente, se perdió el poder regenerador de partes considerables del organismo, mientras se concentraba en las células sexuales la capacidad de reproducir el organismo entero". En palabras del anatomista Charles Minot: "el envejecimiento es el precio pagado por la diferenciación celular".

En los últimos años, se descubrió que tampoco envejecen las células madre adultas que, localizadas en los diferentes tejidos, se ocupan de reponer las células somáticas a medida que éstas últimas envejecen y mueren.

Como entre los rasgos más prominentes de la vejez están la menor capacidad de regeneración de los órganos y tejidos, y la mayor propensión a las infecciones y al cáncer, se presume que esto es consecuencia de un desequilibrio entre la pérdida y la renovación celular, debidas al decaimiento en la replicación y función de las células madre.

Es que la inmortalidad también tiene un costo. Pues, a lo largo del tiempo y por diferentes factores, las células sufren mutaciones en su ADN, algunas de las cuales pueden ser perjudiciales para el organismo. Cuando una célula muere, sus mutaciones desaparecen con ella. Pero si la célula no muere, acumulará más y más mutaciones durante años, con la probabilidad creciente de convertirse en una célula incapaz de cumplir con su función regeneradora y/o reparadora de los tejidos o, en el peor de los casos, transformarse en una célula tumoral, es decir, una célula que se dividirá infinitamente –haciendo crecer el tumor– sin mostrar signos de envejecimiento.

Según pasan los años

El envejecimiento es un proceso complejo que afecta a cada célula y, en consecuencia, a cada órgano, lo cual, a la larga, lleva al deterioro de las funciones del organismo. Por lo tanto, un objetivo de las investigaciones en este campo es desentrañar los mecanismos del envejecimiento a nivel celular.

Se han postulado más de 300 teorías para explicar esos mecanismos, muchas de las cuales no son excluyentes entre sí. En la actualidad, una de las más aceptadas es la que propone que el envejecimiento está ligado a la acumulación en la célula de los denominados "radicales libres". Se trata de átomos o grupos de átomos que, por tener un electrón desapareado, son muy inestables y, por lo tanto, recorren la célula intentando robarle un electrón a otras moléculas con el fin de alcanzar su propia estabilidad. Una vez que ha conseguido el electrón que necesita, la molécula estable que se lo cedió se convierte a su vez en un radical libre, por quedar con un electrón desapareado, iniciándose así una verdadera reacción en cadena que destruye a la célula paulatinamente.

Otra hipótesis, que puede ser complementaria de la anterior, sostiene que el envejecimiento celular es debido al acortamiento gradual de los telómeros, que son secuencias de ADN presentes en ambos extremos de los cromosomas. Algunos experimentos muestran que cada vez que una célula se divide, los telómeros se acortan un poco. Esto llevaría a que, después de un determinado número de divisiones celulares, los telómeros habrían desaparecido y el acortamiento del cromosoma comenzaría a afectar a genes importantes para la vida de la célula.

Un caso que abonaría esta hipótesis es el de la oveja Dolly que, en 1996, fue el primer mamífero clonado a partir de una célula adulta. Dolly fue engendrada utilizando el núcleo de una célula mamaria proveniente de una oveja de su misma raza, que tenía 6 años de edad (los animales de esa raza viven alrededor de 11 a 12 años), y debió ser sacrificada al cumplir 6 años, después de padecer artritis y una enfermedad pulmonar progresiva. Debido a que sus telómeros eran cortos, se cree que, al nacer, Dolly ya tenía una edad genética similar a la de la oveja a partir de la cual fue clonada.

Actualmente, el clonado se efectúa utilizando núcleos de células madre, debido a que éstas –al igual que las células germinales– poseen telomerasa, una proteína que ayuda a mantener la longitud de los telómeros.

Cuerpos descartables

La constatación de que la máxima duración de la vida puede variar considerablemente entre las diversas especies apoya la idea de que la longevidad tiene una base genética. Pero, aunque está claro que el envejecimiento es producto de la influencia

TOP TEN

Según el Gerontology Research Group (www.grg.org), una organización no gubernamental que mantiene registros actualizados de las personas más longevas del mundo, al momento del cierre de este artículo los 10 individuos más viejos del planeta son los siguientes:

	Lugar de nacimiento	Lugar de residencia	Nombre	Fecha de nacimiento	Años	Días	Sexo
1	EEUU	EEUU	Besse Cooper	26 de agosto 1896	114	235	F
2	Japón	Japón	Chiyono Hasegawa	20 de noviembre 1896	114	149	F
3	Italia	Italia	Venere Pizzinato-Papo	23 de noviembre 1896	114	146	F
4	Japón	Japón	Shige Hirooka	16 de enero 1897	114	92	F
5	Italia	EEUU	Dina Manfredini	4 de abril 1897	114	14	F
6	Japón	Japón	Jiroemon Kimura	19 de abril 1897	113	364	M
7	EEUU	EEUU	Ella Schuler	5 de septiembre 1897	113	225	F
8	EEUU	EEUU	Delma Kollar	31 de octubre 1897	113	169	F
9	Japón	Japón	Toshi Horiya	8 de noviembre 1897	113	161	F
10	EEUU	EEUU	Leila Denmark, M.D.	Feb. 1, 1898	113	76	F

Fecha de referencia: 18 de abril de 2011

de múltiples genes, se piensa que es improbable que existan genes que promuevan específicamente la senectud.

Si, como se cree, los primeros seres vivos no envejecían, el proceso de envejecimiento sería un producto de la evolución. Podría pensarse que el fenómeno de la vejez "apareció" por selección natural con la finalidad de limitar el tamaño de las poblaciones, o de acelerar el recambio generacional y, con ello, la posibilidad de que los cambios adaptativos surjan más pronto.

Sin embargo, el envejecimiento influye muy poco en la mortalidad de las especies que viven en estado salvaje, donde la gran mayoría de los animales muere por causas extrínsecas (predadores, infecciones, hambre, frío, etcétera). Es decir, en la naturaleza, la duración de la vida no suele ser suficientemente extensa como para llegar a viejos.

Por lo tanto, la selección natural tiene oportunidades muy limitadas de influir en el proceso de envejecimiento y, como consecuencia, las mutaciones que ocurran en el ADN de las células germinales que produzcan efectos deletéreos en edades avanzadas no serán percibidas por el proceso de selección natural, y se irán acumulando en el genoma de la especie a lo largo de las sucesivas generaciones. El resultado de ello es que, aun cuando las condiciones adversas se tornen benignas, la extensión de la vida se verá limitada en algún momento por efecto de esa acumulación de mutaciones dañinas que llevan al envejecimiento y, finalmente, a la muerte.

Dado que la selección natural favorece a los individuos con la capacidad de dejar mayor descendencia, en un ambiente adverso, se verán beneficiados aquellos que tengan alta fecundidad en edades tempranas. Por lo tanto, cuando se produce una mutación genética que favorece la reproducción durante la juventud, ese individuo será "elegido" por la naturaleza para multiplicar la especie, aun cuando esa misma mutación produzca efectos deletéreos en edades avanzadas.

Si bien a lo largo de la evolución los seres vivos desarrollaron mecanismos de reparación de los daños que ocurren en sus células, estos tienen un alto costo energético. Por lo tanto, a la hora de elegir si invertir energía en el mantenimiento del cuerpo o en la reproducción, la selección natural optó por esta última. Así, el "gasto en reparaciones" solo se efectúa cuando es necesario, para mantener el cuerpo vivo el tiempo suficiente para que pueda reproducirse y dejar descendencia. Después de alcanzar ese logro, es descartable. Para la selección natural el cuerpo es, simplemente, un portador de gametos.

Cantidad o calidad

Los avances en el campo de la salud humana y animal han generado condiciones de existencia benigna para muchas especies, incluido el *Homo sapiens*. No obstante, la lucha contra el proceso de envejecimiento es, a todas luces, desigual. Porque la decrepitud es el resultado de millones de años de evolución en los cuales la selección natural ha privilegiado a la fecundidad por sobre la longevidad. En tanto que solo hace unas pocas décadas que la biología molecular intenta dilucidar los caminos que llevarían a prolongar la vida. En cualquier caso, la ciencia trabaja con la suposición de que existe un límite máximo de supervivencia y que, por lo tanto, para nosotros –los pluricelulares– la inmortalidad sería inalcanzable.

Mientras muchas investigaciones se dirigen a encontrar tratamientos que retarden el proceso de envejecimiento y que eviten o remedien los efectos de las enfermedades relacionadas con la vejez, cabe preguntarse quiénes podrán acceder a ellos.

Por otra parte, la esperanza de vida de la gran mayoría de quienes hoy habitamos este mundo podría aumentar más que significativamente con el conocimiento que ya se ha alcanzado.

Asesoramiento: Doctores Norberto Iusem y Esteban Hassón

Nuevo desarrollo en Exactas

En Europa no se consigue

Gabriel Rocca | gabriel.rocca@de.fcen.uba.ar

Un equipo de investigadores encabezado por la física Silvia Goyanes elaboró un novedoso material plástico biodegradable, obtenido a partir de recursos renovables, de bajo costo y con múltiples aplicaciones en la industria. El producto, denominado "films biodegradables", obtuvo un importante premio iberoamericano.

Dadas sus múltiples cualidades, el uso de plásticos se ha extendido enormemente a lo largo del último siglo hasta ocupar un lugar central tanto en el ámbito de nuestra vida cotidiana como en diferentes ramas de la producción industrial. Sin embargo, su utilización generalizada también ha acarreado diversos problemas, algunos de ellos de creciente gravedad. Por un lado, dado que la mayor parte de los plásticos tradicionales son fabricados a partir de compuestos orgánicos derivados del petróleo, están sujetos a los vaivenes de precios que sufre ese hidrocarburo y también al horizonte de agotamiento que enfrentan las reservas de ese compuesto.

Por otro lado, los plásticos tradicionales tienen la gran desventaja de no ser biodegradables, por lo cual, pueden permanecer inalterados durante décadas y constituyen una parte muy importante de la enorme masa de residuos que contaminan el planeta. Frente a este escenario, son cada vez mayores los esfuerzos dedicados por gobiernos, industrias e instituciones científicas dirigidos a elaborar un material de características similares a los plásticos pero amigable con el ambiente.

En esa línea, un grupo de científicos encabezados por Silvia Goyanes, directora del Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos, del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, logró crear un film de material plástico fabricado con nanopartículas de almidón de maíz en una matriz de almidón de mandioca, que presenta múltiples usos para la industria. La novedad tecnológica es la inclusión de los nanocristales que le otorgan al material las

Las investigadoras Silvia Goyanes, Nancy Garcia, Mirta Aranguren y Laura Ribba exhiben el nuevo desarrollo.

Diana Martínez Llaser

Gentileza: S. Goyanes

A LOS PREMIOS

La propuesta "Films biodegradables" –un desarrollo apoyado fuertemente por la Incubadora de empresas de base tecnológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales– obtuvo un premio de veinte mil euros al ser elegida como "Mejor Proyecto Innovador" en el rubro productos y servicios de los "Premios Iberoamericanos a la Innovación y el Emprendimiento". Este evento surgió a partir de la asociación de entes gubernamentales y fundaciones de distintos países de Iberoamérica, entre los cuales se encuentran Argentina, Brasil, Colombia, Chile, España, México y Perú. "Nos sentimos muy orgullosos porque, en lo que hace a innovación, Brasil está mucho más adelantado que nosotros, al igual que España y México", admite la investigadora.

Además de Silvia Goyanes, el equipo que trabajó en el proyecto "Films biodegradables" está compuesto por: Mirta Aranguren, doctora en Química, investigadora del INTEMA; Lucía Famá, doctora en Física; Nancy García, ingeniera química; Laura Ribba, estudiante de Física; y Germán Fernández, que realizó las producciones audiovisuales.

En este momento el grupo deberá definir entre las distintas alternativas que se le presentan para avanzar en la transformación de este desarrollo exitoso en un producto que pueda ser lanzado al mercado. "Tenemos que pensar qué posibilidades tenemos para hacer eso nosotros o si le vamos a transferir la tecnología a un tercero ¿Nosotros lo podemos hacer? Sí ¿Nos gusta hacerlo? No (risas). Lo que quisiéramos es armar una especie de empresa mixta, en la cual nosotros figuremos como asesores científicos. Y extendernos hacia una línea de bioplásticos en general, con nanopartículas de todo tipo", proyecta Goyanes.

Quienes deseen ver el video donde se exhiben todas las características de estos films pueden ingresar a la página web: http://lpmc.df.uba.ar/videos.php

propiedades de ser flexible, biodegradable, biocompatible, no tóxico, comestible, translúcido, inodoro e insípido. Cuenta, además, con una buena adhesión a cualquier otro material y alta resistencia a la manipulación.

El proyecto, que surgió a partir de la tesis de doctorado de Nancy García, cuya dirección comparten Goyanes y la doctora Mirta Aranguren del INTEMA (Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales), se basa en el desarrollo de nanocompuestos biodegradables. "Empezamos a sintetizar nanopartículas cristalinas de un tamaño que va de los veinte a los cincuenta nanómetros. Esas nanopartículas son de almidón de maíz waxy, o sea un producto de muy bajo costo, pero con importantes propiedades. Y también desarrollamos la tecnología para poder dispersar esas nanopartículas en otro material, también biodegradable y de bajo costo, como es el almidón de mandioca. Así constituimos el film", explica Goyanes.

Dado que la matriz de almidón de mandioca es básicamente amorfa, lo que le otorga características diferenciales a este material es la introducción de las nanopartículas cristalinas. Ahora bien, esas nanopartículas no pueden elaborarse a partir de cualquier almidón. Todo almidón tiene fundamentalmente dos componentes presentes en proporciones variables, la amilosa y amilopectina. Para que puedan obtenerse las nanopartículas, el almidón utilizado debe contar con un altísimo porcentaje de amilopectina, superior al noventa por ciento. De allí que se utilice un tipo especial de maíz llamado waxy, cuyo almidón está constituido prácticamente por un ciento por ciento de amilopectina. Este es un punto fundamental porque sólo a partir de la combinación de estos dos almidones, el de mandioca y el de maíz waxy, se logra darle al producto sus propiedades especiales.

"A este material se lo puede seguir trabajando muchísimo porque sus características pueden variar de acuerdo con la cantidad de nanopartículas que se introducen", se entusiasma Goyanes. Así, estos films pueden ser desde muy poco permeables hasta muy permeables. Estas cualidades permiten imaginar, por ejemplo, la elaboración de cubos de jabón en polvo listos para introducir directamente en el lavarropas. Dado que el envoltorio es de almidón, desaparecería durante el lavado. También, en el ámbito agropecuario, podrían dar lugar a la confección de bolsas para liberación controlada de fertilizantes. Como es un material que se estira mucho, es fácilmente utilizable como un film para envasar al vacío todo tipo de alimentos. Además, posee alta tensión a roturas, lo que significa que al presionarlo o golpearlo se deforma pero no se rompe. Otro aspecto valioso es que las nanopartículas se pueden funcionalizar de modo tal que presenten propiedades selectivas que permitan atrapar determinados gases o moléculas.

El potencial de mercado del film biodegradable es enorme debido a que puede ser utilizado en una gama muy variada de industrias, entre ellas, la alimentaria, farmacéutica, cosmética, higiene y cuidado personal, y hasta el marketing. Al mismo tiempo, dado que el proyecto cumple con estándares de competitividad y calidad internacionalmente aceptados, podría ser exportado no solo a Latinoamérica sino también a los países desarrollados. "En Europa, todas las normativas se dirigen a eliminar los plásticos tradicionales y reemplazarlos por plásticos biodegradables. Y este material es totalmente amigable con el medio ambiente. Uno lo entierra y, en poco tiempo, simplemente se degrada con el agua", completa Goyanes.

A las puertas del infierno

Cecilia Draghi | cdraghi@de.fcen.uba.ar
Fotos: gentileza Alberto Caselli

Alberto Caselli dirige el Grupo de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN-UBA), y pasa junto con su equipo jornadas de intenso trabajo de campaña intentando desentrañar el interior del Copahue, Lanín, Decepción y Peteroa con el fin de predecir futuras erupciones.

Medir, medir y medir. Auscultar a gigantes volcánicos es su tarea cotidiana de campo. El día de trabajo había concluido y las mediciones del incansable Peteroa en los Andes mendocinos mostraban mayores signos de actividad que el año anterior. ¿Sería una señal previa a una erupción? El geólogo Alberto Caselli regresó con sus planteos a cuestas junto con su equipo a la base del campamento para pasar la última noche antes de volver a casa. Era la madrugada del 27 de febrero de 2010. Agotado, no tardó en dormirse. De repente, un ruido y un movimiento alarmante lo sobresaltan. "Me desperté porque una cuadrilla de caballos pasó enloquecida por encima de nuestras carpas, nos llevaba los tientos".

La tropilla pasó. Caselli no entendía qué desesperaba tanto a esos animales, pero el cansancio pudo más y solo pensó en volver a dormirse. En eso estaba, cuando un terrible sacudón lo volvió a poner de pie. "Enseguida salí porque pensé que era el volcán. Me quería parar y me caía. Todo se movía. Era una noche con luna que permitía ver el contorno del Peteroa, pero no me dejaba divisar si salía algo del cráter. Luego vimos nubes más claritas que bajaban del flanco del volcán y de otros lugares. No sabíamos qué era. ¿Sería el sismo que precede a una erupción? Porque el magma cuando comienza a ascender empieza a quebrar rocas", explica Caselli, y enseguida describe: "Uno escucha como un bramido de la tierra, similar al sonido del subte".

¿Qué estaba ocurriendo debajo de sus pies? Si era un terremoto a raíz del volcán, justo estaban en la platea del infierno. "Acampábamos –señala– en el peor lugar del valle, donde están los depósitos de flujos piroclásticos (mezcla ardiente de gases y sólidos)". Atinaron a ir a la camioneta a escuchar la radio local y el informativo daba cuenta que en Malargüe, la ciudad más cercana, ubicada a 200 kilómetros, todo se había movido. Enseguida fueron hasta el puesto de Gendarmería y allí se enteraron de que el epicentro del sismo era a esa misma latitud del otro lado de la Cordillera, en Concepción, en Chile. Después se sabría que fue uno de los seis terremotos más fuertes registrados en la historia de la humanidad.

¿POR QUÉ *DECEPCIÓN*?

El origen del nombre de la isla Decepción es incierto. "Algunos dicen que el navegante Francis Drake escondió allí sus tesoros, que nunca fueron hallados. Por eso, decepción. Otra versión, que me parece más acorde, es que si uno busca en el diccionario deception en inglés, significa engaño. Cuando uno se acerca a Decepción parece una isla, pero al atravesar unos paredones enormes y una abertura de 200 metros, uno descubre un mar interno. Es decir que por fuera parece una isla compacta, pero su interior es hueco. De allí el engaño. Al traducir la palabra inglesa deception al español se le adjudicó otro sentido", expresa Caselli. La isla es la cima del volcán, que en alguna oportunidad una eclosión rompió una de sus paredes y permitió el ingreso del mar al interior del cráter.

Caselli es director del Grupo de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (FCEyN-UBA), y, junto con su equipo, monitorea el Copahue y el Lanín (ambos en Neuquén); Decepción, en la Antártida, y el más reciente que se sumó a la red es el Peteroa de Mendoza, que eclosionó en septiembre pasado. "Si bien la mayor cantidad de volcanes activos en la Cordillera de los Andes se hallan del lado de Chile, nuestro país posee un buen número de ellos y es muy poco o casi nada lo que sabemos de su historia reciente", relata.

En geología, historia reciente significa remontarse miles de años, porque los tiempos son diferentes. Cientos de años casi equivalen a un segundo. "Un volcán se considera activo cuando ha tenido actividad en los últimos diez mil años", precisa. El Lanín, por ejemplo, lo es, pues las últimas erupciones datan de hace 2100 y 1600 años, según indica.

Caselli insiste en la necesidad de medir, estudiar, observar. "En la Argentina no tenemos antecedentes como en otros lugares, donde se viene trabajando desde hace décadas en el seguimiento de un mismo volcán. La idea es empezar a recopilar información para tener parámetros con los cuales se pueda comparar en el futuro. Si bien presentan características generales comunes, cada volcán es único en su estructura, tipo de magma, etc. El objetivo es conocerlos, porque, para predecir una erupción, primero hay que saber cómo funciona el sistema en particular", sostiene.

En cada volcán a examinar, se instalan equipos geológicos, sísmicos y geoquímicos. En el caso del Copahue, a este pesado instrumental se le suman antiparras y máscaras con filtro, que los investigadores cargan durante más de tres horas de caminata hacia la cima luego que una camioneta los deja cerca de Caviahue, el lugar más próximo donde un vehículo puede llegar.

Arriba, a los 2900 metros de altura, los espera el cráter del Copahue, que tiene una laguna de aguas gris-verdosas a 40 grados de temperatura y muy ácidas. "En el centro presenta fumarolas permanentes que arrojan dióxido de azufre, ácido sulfídrico y ácido clorhídrico, que enseguida afectan la nariz, los ojos y la garganta. Los gases –describe– son irritantes, por este motivo llevamos máscara y antiparras. Además, en general suele haber viento. He pasado más frío allí que en la Antártida".

En el espejo de agua de unos 200 metros de diámetro y unos 40 metros de profundidad, los científicos sumergen "instrumental de acero inoxidable que en segundos queda negro por la corrosión. Se trata de estar muy poco tiempo en la cima porque las mucosas enseguida se saturan", dice. Luego de hacer esta incursión en este paisaje dantesco, y con todas las muestras de agua, gases y mediciones registradas, los investigadores descienden y pernoctan en la localidad de Caviahue.

"¿Y cómo está el volcán?", suelen consultarle los pobladores, como si le preguntaran por algún integrante de su familia, cada vez que se topan con Caselli en el

supermercado de la villa de Caviahue. "Es una comunidad que tiene mucho miedo a la erupción, y mucho desconocimiento. Por eso, ellos nos piden charlas informativas. Hay días que del volcán salen fumarolas muy intensas, y se producen terremotos en forma muy seguida, por eso hay temor", plantea. También la población tiene un recuerdo reciente, dado que en el año 2000 el volcán arrojó cenizas que mostraron su fuego interno.

Contrastes en Decepción

Cuando ocurre lo tan temido del volcán, "lo peor no son los ríos de lava, porque éstos corren lentos, sino que lo más preocupante son los flujos piroclásticos que pueden formar nubes a 800 grados de temperatura y van a 200 kilómetros por hora. Si es una erupción explosiva, uno se debe alejar. Por ejemplo, en la isla Decepción, en la Antártida, se debe ir a un campamento más alejado y pedir ayuda. En 1967, además de la erupción hubo pequeños tsunamis, y el nivel del agua subió dos metros en diez minutos", indica Caselli.

La isla Decepción es "un anillo de quince kilómetros de diámetro y en su interior hay un gran lago de agua de mar que sería el cráter, de 200 metros de profundidad", especifica. El paisaje es casi en blanco y negro. "Es blanco por la nieve, y negro, por el material piroclástico. Hay conos volcánicos de cien metros de altura", grafica. Llena de contrastes, Decepción es el único lugar en la Antártida donde uno puede veranear y pasar un día de playa. De hecho, los turistas de los cruceros internacionales desembarcan allí para zambullirse en las aguas australes calefaccionadas por el volcán. Y, una vez por campaña, también acuden a "bañarse" los investigadores. "Uno se sumerge en agua a 50ºC pero puede venir una oleada que está a 4ºC –detalla–. A lo sumo, se puede estar unos quince minutos en el mar. Lo más difícil es salir del agua porque el viento y el frío son intensos. Es una experiencia interesante".

Ese momento placentero es uno de los pasatiempos a lo largo de dos meses de campaña de verano, al igual que compartir un asado o una paella –según quien sea el anfitrión– con los científicos de la base española ubicada a un kilómetro de distancia de la estación argentina. "Cuando los españoles nos visitan, si bien ven que nuestra base es vieja, dicen que tiene un calorcito especial. Es que ellos tienen Internet y cada uno está aislado en su computadora. Nosotros no estamos conectados a la red y ello lleva a que hablemos más entre nosotros", compara.

Con los científicos españoles también pueden efectuar la rutina diaria que comienza a las 8 de la mañana con la salida en bote a distintos puntos de la isla. "En realidad, sería mejor trabajar de noche porque hay menos viento y siempre hay algo de luz en esas latitudes, pero al organismo le cuesta adaptarse al horario nocturno", puntualiza. Ninguna tarea se hace en soledad, para que siempre haya otro que brinde o pida ayuda. Entre los quehaceres cotidianos se hallan las anotaciones de la temperatura de las fumarolas que los rodean, revisar los sismógrafos y, en ocasiones, levantar perfiles de los afloramientos.

Si no se avistaron tormenta, viento blanco o algún motivo para adelantar la retirada, los investigadores regresan a las 6 o 7 de la tarde a la base con los datos y muestras para estudiarlos. "Cuando es normal la actividad volcánica, no tenemos apuro –expone–. Pero claro, cuando los registros dan cuentan de anomalías, allí surge la gran pregunta: ¿Cuándo es el momento en que uno debe decidir irse? Porque uno siempre quiere seguir midiendo", concluye. Medir, medir y medir a esa colosal fuerza de la naturaleza, fascinante y pavorosa.

GRAN HERMANO

Un día de campaña suele ser una prueba a la convivencia. Si ocurre en una isla antártica como Decepción, la situación puede resultar más difícil. "Estamos lejos de la familia y sólo nos comunicamos dos veces por semana, en las que hay media hora para que hablemos todos. No hay intimidad. Esto genera situaciones especiales", cuenta. A veces, la eclosión tan temida ocurre en el volcán interior de algunos de los integrantes en el momento menos pensado. "Si bien antes de ir nos hacen test físicos y psíquicos, uno reacciona distinto en esos lugares. He tenido que sacar gente porque extrañaba mucho", narra y enseguida compara: "Es como un Gran Hermano", el *reality* televisivo de convivencia.

Océanos: estado de situación

Mare nostrum

Por Tamara Hilén Acosta | thaecologia@gmail.com

Los océanos componen un 70 por ciento de la superficie de la Tierra. Sin embargo, la protección de estos ambientes marinos aún es escasa. Los científicos han logrado avanzar en los estudios de la vida marina, sin embargo, el número de investigaciones es pobre. El cambio climático, la sobrepesca y la contaminación por la acción humana son sólo algunos de los problemas que afrontan los mares y océanos de nuestro planeta.

"Y la pregunta: ¿quién penetrará los misterios del océano?, va encontrando contestación. Este ya guarda pocos secretos; la ciencia revela sus misterios, y la sonda, que nos comunica con lo desconocido, nos muestra un mundo animado, nuevo y hasta hace poco, invisible". Estas palabras las escribía Francisco P. Moreno en 1876, durante su viaje hasta el río Santa Cruz, atravesando para ello el Mar Argentino desde Buenos Aires hasta aquel río del sur.

"No hay misterios marinos, como no hay misterios terrestres o planetarios. La palabra no es misterios, es ignorancia por parte del hombre sobre los mecanismos que hacen posible la vida en los océanos", aclara Claudio Campagna, investigador del CONICET y de la Wildlife Conservation Society (WCS).

"En realidad, las respuestas son nuevos interrogantes", comenta el doctor Alberto Piola, investigador

Tomo.Yun

Diana Martínez Llaser

del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN-UBA) y profesor de la carrera de Oceanografía. Y agrega: "Las respuestas nunca son definitivas, generalmente son revisadas a través del tiempo. Eso es lo interesante y apasionante del estudio de la naturaleza en general".

Los primeros intentos de indagar los "misterios" de los océanos se realizaban en grandes barcos construidos con madera y conducidos a vela. Sus tripulantes eran hombres atemorizados por los "monstruos" que allí habitaban. Esa extensa superficie azul provocaba intriga y pavor. Pero se vislumbraba un gran potencial: las pesquerías industriales y la caza de ballenas a gran escala. Los océanos parecían un recurso inagotable.

En el caso de la Argentina, es en la década de 1950 cuando se inician las exploraciones de los mares profundos a cargo de miembros de la Marina, como Rodolfo Panzarini, ya fallecido, y Luis Capurro, que actualmente se desempeña como investigador en México. Ambos, formados en la Scripps Institution of Oceanography, de la Universidad de California (Estados Unidos), fueron pioneros de la oceanografía en el país. Durante muchos años, Panzarini dictó oceanografía física en la FCEyN. "Era un comienzo prometedor, ya que estas personas estaban entrenadas en los mejores lugares del mundo", comenta Piola, y recuerda: "También es importante mencionar al Instituto de Biología Marina de Mar del Plata, que se creó en 1961, (actualmente Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, INIDEP). Esta entidad ha liderado proyectos relevantes y de gran aporte al conocimiento de nuestro mar".

Lo cierto es que las primeras voces que emergieron a favor de la conservación de los océanos no se hicieron escuchar hasta fines de la década de 1960; una de ellas fue la del marino y explorador francés Jacques Cousteau, que fue "un gran difusor de los misterios del mar", como expresa Alexandra Sapoznikow, doctora en biología y especialista en conservación marina. Y agrega: "¿Qué niño de mi generación, con afinidad por el mar, no soñó con tener un barco y salir a explorar los mares?" Las actividades realizadas por Cousteau a bordo de su nave *Calypso* y, más aún, sus obras fílmicas, despertaron en muchos jóvenes la vocación por estudiar los océanos. Piola agrega: "El aporte de Cousteau es semejante a la contribución de Carl Sagan en el estudio del universo: abrió un mundo desconocido por el público en general".

Por su parte, el doctor Martín Ehrlich, investigador del INIDEP, reflexiona: "Se ha avanzado mucho, los investigadores han logrado contestar ciertos interrogantes, pero continuamente surgen nuevos; se ha pasado claramente de qué hay y dónde se encuentran los organismos que viven en el mar, a cómo y por qué, preguntas que apuntan a conocer los mecanismos que permiten la vida en el mar".

Caja de resonancia del calentamiento global

Los científicos concuerdan en que son muchos los problemas que deben afrontar los ambientes marinos-costeros en la actualidad, como por ejemplo el calentamiento global, la acidificación de las aguas, la interacción entre el mar y la atmósfera, la sobrepesca, la contaminación crónica por petróleo y elementos provenientes de las pesquerías, y la introducción de especies exóticas, entre otros.

"Las condiciones de los océanos han cambiado drásticamente en los últimos 50 años y se manifiestan sobre todo en el aumento del calor de los mares. Gran parte de la comunidad científica coincidiría en que hay un ingrediente antrópico en el sistema ambiental", señala Piola. Y agrega: "Es indiscutible que la Tierra ha pasado por cambios climáticos drásticos en su vida geológica, pero el ritmo en se están produciendo esos cambios en la actualidad parece ser más acelerado de lo esperado. Existen modelos que muestran claramente cómo los sistemas evolucionan, no sólo por el número de cambios, sino por el ritmo en que se producen".

Además, el calentamiento global genera cambios en la circulación de las masas de agua de los océanos, lo que impacta directamente en el clima, por ejemplo, en las costas del Atlántico europeo: los crudos inviernos, consecuencia de los cambios producidos en la Corriente del Golfo y el derretimiento de los hielos del Ártico ya causan alertas. Estos fríos invernales podrían ser cada vez más extremos.

"Esto deja ver que los procesos no son lineales, sino que se retroalimentan y pueden conducir a una cascada de efectos que no sabemos muy bien hacia dónde se dirigen", advierte Piola.

Terapia intensiva

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), promovidos por países de todo el mundo y organismos internacionales como la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (UICN), acordaron alcanzar para el año 2012 una cobertura del 10 por ciento de cada una de las regiones ecológicas

Las actividades realizadas por Cousteau desde los años 60 a bordo de su nave Calypso y, más aún sus obras fílmicas, despertaban ante las miradas estupefactas de sus espectadores las primeras preguntas verdaderas sobre qué era el océano.

en que se dividen los océanos. Según un informe presentado por UICN en 2007, el 11,3 por ciento de los territorios nacionales (áreas terrestres y marinas) están cubiertos por áreas protegidas. Las áreas protegidas terrestres superan el 12,2 por ciento. En comparación, el medio marino denota un menor interés: el 5,9 por ciento de los mares territoriales del mundo y menos de 1 por ciento de las aguas fuera de jurisdicciones nacionales (Zona Económica Exclusiva - ZEE) se encuentran bajo algún tipo de protección.

Ehrlich comenta: "Los motivos de este porcentaje principalmente se adjudican a presiones económicas muy intensas por parte de pescadores, por la naturaleza de propiedad común del mar y de sus recursos, así como también las dificultades para controlar esas áreas". Claudio Campagna agrega: "Los sectores de interés pesquero no están abiertos a las ideas conservacionistas". Eso significa que uno de los ecosistemas más grandes del mundo sigue aún desprotegido, abierto a la sobreexplotación. Por ejemplo, a principios del siglo XX las capturas de organismos marinos eran de 3 millones de toneladas, mientras que en 1994 ese valor llegó a 92 millones de toneladas.

Un trabajo publicado en 2003 por la Organización de Alimentos y Agricultura (FAO, por su sigla en inglés) registró el número de capturas mundiales desde 1950 hasta 2002, y evidenció en la última década una gran disminución en el número de individuos capturados: por ejemplo, la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) de 13,1 millones de toneladas en 1970, pasó a menos de 2 millones en 1974; el bacalao (*Gadus morhua*), de 4 millones de toneladas en 1970, a menos de 1 millón en 2000. ¿Las causas? La degradación de los hábitats, la explotación desmedida de los recursos marinos, la disminución de las especies comerciales y no comerciales, entre otras.

Respecto de la Argentina, Piola destaca: "Estamos muy atrasados en el conocimiento de nuestros mares y los planes de acción para el presente y futuro. La sobrepesca es un tema crítico". En relación a la plataforma continental, agrega: "Sin conocer los procesos que generan los cambios, no podremos tomar las acciones correctas para corregir los problemas de la actividad".

La Convención de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR), marco jurídico que dictamina las fronteras de mares y océanos, declara a la Zona de Alta Mar a partir de las 200 millas desde la línea de base. Una de las herramientas más prometedoras para asegurar la gestión sostenible fuera de la jurisdicción nacional es la creación de áreas protegidas marinas de alta mar. Sin embargo, la mayoría de las áreas protegidas costero-marinas abarcan mayormente superficies terrestres, alcanzando pocas millas de protección marina.

Un extenso ambiente

Sapoznikow sostiene: "Es importante el trabajo en red a nivel nacional e internacional, ya que las especies marinas, y el mar en sí mismo, no respeta límites". Muchas especies pueden encontrarse en los lechos marinos que corresponden a varios países. O bien, como en el caso de las especies migratorias, pueden ser visualizadas en zonas muy lejanas entre sí, en distintas épocas del año. El ejemplo más conocido de ello son las migraciones de las Ballenas Francas (las que pueden verse en las costas de Península Valdés en el invierno).

"Cada país ribereño debe tomar acciones para evitar la contaminación y la sobrepesca, entre otros problemas y, a su vez, no se debe permitir que los países del hemisferio norte, después de agotar sus recursos, incursionen del mismo modo en el hemisferio sur", opina Ehrlich.

Piola agrega: "Los problemas comienzan dentro de los límites propios, en la llamada Zona Económica Exclusiva. La pesca, la explotación de hidrocarburos u otra actividad económica pueden entrar en conflicto con la preservación del ambiente marino. Así entran en pugna los intereses de quienes quieren crecer económicamente y aquellos interesados en el desarrollo sustentable".

Por su parte, Sapoznikow indica: "Además, suele pensarse que el mar es inagotable. Por eso es difícil que una comunidad exija a sus gobernantes la conservación del mar, como sucede con otros lugares terrestres".

Finalizando, Piola opina: "Poder tomar decisiones acertadas depende de la madurez de la sociedad. Por ello es necesario el conocimiento y la participación de los que hacen ciencia. Sin dicha herramienta, nunca se van a adoptar las decisiones correctas"

El reto actual es lograr implementar políticas mundiales de protección de los ambientes marinos que favorezcan la conservación y la gestión del manejo de las principales características y funciones de estos ecosistemas, así como también prevenir cambios drásticos en la biodiversidad y en la degradación de los hábitats.

Sobre Thomas Kuhn y teorías incompatibles

El Maestro Ciruela, en el número 44 (diciembre 2009), critica la concepción kuhniana de la historia de las ciencias como sucesiones de revoluciones totales, las que nada conservan de lo adquirido anteriormente. Yo suscribo totalmente su afirmación de que la ciencia no cesa de acumular conocimiento objetivo. También concuerdo con su propuesta de que descartemos a Thomas Kuhn.

Aunque Tom fue sincero, también fue confuso y filosóficamente ingenuo, al punto de que tomó en serio las diatribas contra el objetivismo de su amigo Paul Feyerabend. Hace unos años me confió que su próximo proyecto era estudiar la filosofía de Mary Hesse, que se hizo famosa por confundir modelos teóricos (teorías específicas) con modelos icónicos y con metáforas.

Que yo sepa, ningún historiador profesional de la ciencia admite la tesis de Kuhn (y Gaston Bachelard). Todos sabemos que la evolución cultural, como la biológica, es continua en algunos respectos y discontinua en otros. El propio Kuhn, en su Essential Tension *(1977), corrigió algunas de las exageraciones de su* Structure *(1962). Pero siguió confundiendo teorías con cosas, como cuando afirmó que el universo cambia cada vez que ocurre una revolución científica.*

En su carta de protesta al Director, la profesora Olimpia Lombardi afirma que "la mecánica clásica, la relatividad general y la mecánica cuántica son teorías incompatibles, esto es, no pueden ser las tres verdaderas simultáneamente" (Año 15, número 45, junio 2010). Aunque común fuera de la comunidad de los físicos teóricos, esta opinión, popularizada por Thomas Kuhn y Paul Feyerabend, es falsa. Examinemos brevemente las relaciones interteóricas en cuestión.

- ***1 Mecánica clásica-mecánica cuántica.*** *Para objetos mesoscópicos (o, más precisamente, cuando la constante de Planck es despreciable) se usan teorías híbridas, llamadas 'semiclásicas'. Esto vale en particular, para átomos que están en estados caracterizados por números cuánticos elevados. Por ejemplo, un electrón en una órbita de Rydberg, de tamaño macroscópico, se comporta casi como una partícula clásica.*

- ***2 Mecánica clásica-relatividad general.*** *Las dos teorías en cuestión son perfectamente compatibles. El propio Einstein se sirvió de la mecánica clásica de los medios continuos para especificar el tensor materia que figura en el segundo miembro de su(s) ecuacion(es) central(es), a saber, "G = kT", donde G describe el campo gravitartorio y T sus fuentes.*

- ***3 Mecánica cuántica-relatividad general.*** *Estas dos teorías son compatibles entre sí, sobre todo cuando se las aplica a cosas diferentes, tales como átomos y campos gravitatorios. Lo que ocurre es que aun no se ha logrado unificarlas satisfactoriamente. El programa de unificación es loable, pero no cuando se lo busca sin reparar en medios. Esto ocurre con las teorías de cuerdas y membranas, que sacrifican en aras suyas conocimientos sólidos, tales como que el espacio físico tiene tres dimensiones, no diez, y que hay un solo universo, no 10 500.*

En conclusión, todo avance (científico o técnico, biológico o social) se apoya sobre adquisiciones anteriores. Por consiguiente nunca hay revoluciones totales, de modo que las tesis de Kuhn, Feyerabend, Bachelard y los constructivistas-relativistas (por ejemplo Bruno Latour) sobre la historia de las ideas son falsas. Por algo forman parte del llamado posmodernismo, e incluso de la New Age.

Más aun, esas ideas son perniciosas, porque llevan a aceptar cualquier disparate por el sólo hecho de ser novedoso. Todo proyecto de investigación científica es evaluado con ayuda de lo que Einstein y Bohr llamaron "principio de correspondencia". Este afirma que toda teoría nueva debe coincidir en algún límite (por ejemplo, para bajas velocidades o grandes masas) con la que se propone reemplazar. Por consiguiente, desconfiemos de teorías que sean totalmente incompatibles con la viejas que han prestado buenos servicios.

Mario Bunge
Profesor emérito, McGill University, Montreal
Profesor visitante, FCEN

¿Querés saber qué es Exactas?

Mirá el nuevo video institucional de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales en la web.

www.vimeo.com/exactas

¿Cómo se clasifican las bacterias?

Responde la doctora Julia Pettinari, profesora en el Departamento de Química Biológica, de la FCEyN.

La forma de clasificar las bacterias fue cambiando a través del tiempo. Al principio, se realizaba sobre la base de caracteres morfológicos que se veían al microscopio. Pero de a poco se fueron incorporando otras técnicas, como las tinciones mediante compuestos que reaccionan con diferentes estructuras celulares y les confieren determinado color. De este modo, además de la forma, se puede detectar alguna otra característica específica de los diferentes grupos. Por ejemplo, en el caso de la tinción de *Gram*, las bacterias se tiñen en forma positiva o negativa según la composición de la pared celular.

Hay bacterias que, por la forma, son indistinguibles al microscopio óptico, sin embargo, son diferentes en cuanto a sus capacidades metabólicas, su hábitat o su estilo de vida. A medida que se descubrían nuevas bacterias, se vio que la morfología no alcanzaba para distinguirlas, porque la diversidad metabólica o genética era mucho mayor.

El salto importante se produjo con el empleo de técnicas moleculares, en particular con el uso del ARN ribosomal. Además, estas técnicas de secuenciado genético permiten detectar muchas bacterias a partir de muestras de suelo o del mar, aun aquellas que no pueden ser cultivadas en el laboratorio. Al aparecer nuevas bacterias, se ve que las agrupaciones iniciales ya no resultan adecuadas para acomodar a los nuevos microorganismos, y son necesarias nuevas clasificaciones.

Los cambios en la clasificación, si bien apuntan a que los grupos sean lo más homogéneos posibles, pueden interferir en la comunicación entre investigadores, que a veces no saben si están hablando del mismo microorganismo, sobre todo cuando son bacterias de importancia médica o industrial, y que se conocen desde hace mucho.

¿Por qué hay nombres masculinos y femeninos para las bacterias? Se trata de algo arbitrario, porque no tienen sexo. A lo sumo, cuando se produce intercambio de genes entre bacterias, se habla de dadores y receptores, y en ese caso se dice que la dadora cumple el rol masculino. Si bien ese proceso ha sido considerado como un tipo de intercambio sexual, no se vincula con la reproducción, y tampoco con el hecho de que el nombre del microorganismo sea femenino o masculino, ya que bacterias de una misma especie (con nombre femenino o masculino) pueden ser dadoras o receptoras.

¿Por qué se nos pegan los dedos cuando tocamos el hielo?

Responde el doctor Carlos Acha, investigador del Laboratorio de Bajas Temperaturas, Departamento de Física, FCEyN.

Siempre que dos objetos están en contacto y se encuentran a diferente temperatura, el más caliente le transfiere calor al más frío. Así, cuando tocamos el hielo con los dedos, hay una transferencia de calor al hielo. Esto hace que los dedos pierdan calor, se enfríen, y que la humedad superficial, producto de la transpiración, se congele, particularmente si el hielo se encuentra a varios grados por debajo de 0°C. Al hacerse sólida, el agua se expande en los poros de la piel y en los intersticios del hielo, quedando así unidas ambas superficies.

Para que los dedos no se peguen, habría que secarlos muy bien. Pero es difícil, por la misma transpiración y grasitud de la piel ¿Si tocamos con un guante? Si éste es impermeable, no debería pegarse. Pero si es de una tela absorbente, se moja con el hielo fundido y luego se congela. Después de unos segundos, se termina pegando también.

Si bien la humedad de la piel hace que ésta quede adherida al hielo, en otros casos puede protegernos de una quemadura, por ejemplo, en quienes caminan sobre las brasas. Cuando el pie pisa las brasas, la humedad de la piel se vaporiza y forma una capa aislante entre ésta y las brasas. Es lo que se denomina efecto Leidenfrost, por el investigador alemán Johann Gottlob Leidenfrost, que fue el primero en describir el fenómeno, en el siglo XVIII.

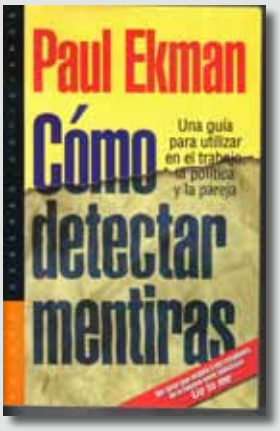
Para tener una experiencia cercana con este efecto se puede hacer la prueba poniendo una sartén a calentar, tirar una gota de agua con un gotero, y observar. Las primeras gotas se evaporan en forma inmediata. Pero si se sigue calentando la sartén, llega un momento en que la gota cae y no se evapora, y puede quedar varios minutos en suspensión. Lo que sucede es que al caer la gota, si la temperatura de la sartén es lo suficientemente alta como para vaporizar el líquido, se genera una capa de vapor de agua, que es un aislante térmico, y así la sartén no le transfiere tanto calor a la gotita, que no se evapora tan fácilmente y queda como suspendida. Es una paradoja: aunque la sartén está más caliente, la gota dura más sin evaporarse.

Cuando se fabrican aleaciones como los aceros, se forman fases a altas temperaturas que, por sus propiedades (dureza por ejemplo), uno querría conservar cuando el material se enfría. Pero, si se enfría lentamente, puede ocurrir que esa fase se pierda a temperatura ambiente (por razones termodinámicas). Para evitarlo, se puede enfriar en forma muy rápida, por ejemplo, introduciendo la pieza en el agua. Pero, en este caso, se genera la capa de vapor aislante y se limita la velocidad de enfriado. Entonces, lo mejor es rociar continuamente la superficie con un spray de gotitas, evitando la formación de la capa aislante.

Cómo detectar mentiras

Una guía para utilizar en el trabajo, la política y la pareja

PAUL EKMAN
Buenos Aires, 2010
Paidós, 404 páginas



Tanto el título, como el subtítulo como la contratapa señalan a un libro de autoayuda, y es probable que lo encuentre en las librerías junto a otros de ese estilo. Pero *Cómo detectar mentiras* es un libro de divulgación científica de excelente factura.

Paul Ekman es profesor de Psicología de la Universidad de California, y ha sido asesor del Departamento de Defensa de los Estados Unidos y del FBI. Se le ha concedido en tres ocasiones el Premio a la Investigación Científica del Instituto de Salud Mental. Y como si esto fuera poco, tenemos a la vista que se trata de un formidable divulgador y narrador.

La mentira es una parte constitutiva de la naturaleza humana, tanto su formulación como su intento de detección. El autor desmenuza la mentira hasta el más mínimo detalle. Explora hipótesis y avanza a pie seguro sobre evidencias surgidas de miles de observaciones y decenas de experimentos sencillos e ingeniosos.

Lo más probable es que usted no aprenderá a mentir mejor de lo que ya lo hace ni a agudizar la detección de mentiras. En cambio, recibirá una estupenda lección de Psicología Cognitiva con este libro ameno, divertido y apasionante.

Extremos

VALERIA GARCÍA FERREIRO
México DF, 2009
Siglo XXI Editores, 126 páginas.

Por las dudas es una colección de la editorial Siglo XXI que se presenta como destinada "a curiosos escépticos". Y en esa colección se encuentra *Extremos*, un producto interesante y difícil de clasificar. Para Valeria García Ferreiro, los "extremos" resultan un pretexto para organizar un corpus de datos de lo más variado asociado, a su vez, a distintas disciplinas del conocimiento y regado con perlas de color muy útiles a la hora de despertar la curiosidad.

La operación literaria que plantea la autora (formada en psicología, matemática, diseño gráficos y un largo etcétera) ofrece la posibilidad de conocer, por el camino de los extremos, detalles de organismos vivos gigantes –como los calamares que pueden atacar botes–, de animales mamíferos que ponen huevos –los ornitorrincos–, de los desastres generados por la ambición humana por lo escasísimo –como las piedras preciosas– o de los pequeñísimos países como Andorra que sobreviven íntegros a lo largo historia. Pero esta enumeración es un pequeño botón de muestra.

Con una edición y diseño que permite pensar en un público amplio (títulos grandes, muchas ilustraciones, anotaciones laterales agregando información), *Extremos* deja rastros inteligentes que pueden convertirse en la puerta de entrada a las profundidades de las ciencias exactas, las naturales o la historia.

Neuroética

Cuando la materia se despierta

KATHINKA EVERS
Buenos Aires, 2009
Katz, 210 páginas

Fundamentalmente la neuroética estudia dos cosas: la ética de las consecuencias probables de los estudios científicos sobre la biología de la mente (neuroética aplicada) y, por otro lado, la exploración de la ética como producto del cerebro, como parte de la mente (neuroética fundamental). Pero no solo eso, hay bastante más.

Kathinka Evers, nacida en Suecia y doctorada en filosofía en la Universidad de Lund, realiza una prolijísima historia de la ética y la moral asociadas a la neurociencia. No deja de remarcar las relaciones, contradicciones, falencias y consecuencias de cada abordaje científico –o filosófico– de esta historia insospechablemente rica e intrincada.

Neuroética no es un libro atrapante, pero es clarísimo, simple y fácil de leer. Cristalino. Ese es el mayor mérito del texto, habida cuenta de que debe tratar con conceptos que muchas veces tienen interpretaciones diversas y no siempre definiciones precisas. Conciencia, libre albedrío, identidad, valor ético, etcétera, están tratados en contextos explícitos y no hay lugar para confusiones.

Cada capítulo finaliza con un resumen que permite retomar –si se siente extraviado– el camino trazado con solvencia por la autora. La pieza es robusta, y mantiene una rigurosidad científica difícil de encontrar en ensayos provenientes de la filosofía.

El reduccionismo científico (segunda parte)

Guillermo Boido y Olimpia Lombardi

Ya señalamos que el término 'reducción' ha sido utilizado con diferentes sentidos. La reducción semántica es una relación entre lenguajes, y se concibe como la traducción de un lenguaje científico a otro. El reduccionismo semántico, como propuesta de reducir todo el lenguaje científico a un lenguaje neutral de observación, fue la postura adoptada por algunos positivistas lógicos y empiristas radicales de principios del siglo XX con el propósito de preservar el carácter acumulativo de la ciencia frente a las revoluciones científicas de la época. Sin embargo, muy pronto la propuesta se mostró impracticable, y el programa fue abandonado incluso por sus propios iniciadores, como Rudolf Carnap.

La reducción interteórica, a la que nos referimos en el artículo anterior, es una relación entre teorías y consiste en la deducción de las leyes de una teoría a partir de las leyes de otra. Frente al fracaso de la reducción semántica, el reduccionismo interteórico intentó fundar el progreso científico acumulativo en la idea de que las teorías antiguas se reducen -homogéneamente- a las nuevas teorías, como sería el caso de la supuesta reducción de las leyes de Kepler y de las leyes galileanas de caída a las leyes de Newton. Pero esta perspectiva admite también otro tipo de reducción interteórica –heterogénea–: la que acontecería entre teorías que, en principio, se refieren a dominios diferentes. Ejemplos típicos serían la reducción de la termodinámica a la mecánica clásica y de la química molecular a la mecánica cuántica. Ya mencionamos que la reducción interteórica heterogénea refuerza el ideal de unificación de la ciencia basado en una organización jerárquica de las teorías y disciplinas científicas.

The Dibner Library Portrait Collection

El físico austriaco Ludwig Edward Boltzmann (1844-1906), quien intentó, desde una perspectiva reduccionista ontológica, reducir la termodinámica a la mecánica que rige el comportamiento de las partículas de un gas.

Tanto la reducción semántica como la interteórica son relaciones entre ítems lingüísticos: son las formas de reducción abordadas por la filosofía de la ciencia tradicional, que eludió la dimensión ontológica para limitarse al ámbito lingüístico. Es durante las últimas décadas del siglo XX, y principalmente en el campo de las filosofías de las ciencias particulares -de la biología, de la química, de la física-, que comienza a recuperarse la reflexión acerca de aquello a lo cual se refiere lo lingüístico. En este contexto reaparece la idea de reducción ontológica como relación entre dominios de la realidad, según la cual los ítems de un cierto dominio son, en último análisis, ítems de un dominio más básico. Esta idea de reducción, que surge ya en la filosofía presocrática y renace en numerosas ocasiones en la filosofía posterior, es pertinente cuando se analiza la relación entre el mundo clásico, determinista y local, y el mundo cuántico, indeterminista y no-local. Lo mismo sucede cuando se intenta comprender la relación entre las evoluciones termodinámicas irreversibles de un gas y las evoluciones mecánicas reversibles de las partículas que lo componen. También se presenta cuando se analizan cuestiones vinculadas con la autonomía o dependencia del dominio químico respecto de la realidad física y en las discusiones acerca de la relación entre microevolución y macroevolución biológicas.

El reduccionismo ontológico suele ser invocado, implícita o explícitamente, como justificación del reduccionismo interteórico: si un dominio A de la realidad se reduce ontológicamente a otro B, cabe esperar que la teoría que describe a A se reduzca interteóricamente a la teoría que describe a B. A su vez, este "matrimonio" entre reduccionismo ontológico e interteórico se encuentra en completa resonancia con un realismo de corte metafísico, según el cual la realidad independiente del sujeto tiene una única estructura bien definida, y la ciencia se encamina a describirla cada vez con mayor precisión.

Finalmente, cabe mencionar la reducción metodológica que, como su nombre lo indica, es una relación entre metodologías científicas. Quien adopta un reduccionismo metodológico supone que existe un único método científico legítimo al que todas las disciplinas científicas deben adherir. En general dicho método privilegiado es el de la disciplina "primaria" o "fundamental", que tradicionalmente se identifica con la física. Quienes se oponen al reduccionismo metodológico sostienen que la especificidad de cada disciplina exige estrategias propias e irreductibles para alcanzar el conocimiento científico. Estos reclamos contra el "imperialismo" metodológico de la física, comúnmente provenientes de las ciencias sociales, también se formulan desde la biología y la química: tales disciplinas reconocen que la naturaleza de sus objetos de estudio impide el tratamiento genérico y formalizado propio de las ciencias físicas.

De paralelos, meridianos y loxodromas

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

La obra que se reproduce, una xilografía realizada en el año 1958 por un famoso artista holandés, se denomina "Espirales esféricas". A pesar de que su nombre no hace referencia a ninguno de los elementos mencionados en el titulo de la nota, en realidad, en la obra solo hay eso: paralelos, meridianos y loxodromas. Si bien los paralelos y meridianos fueron utilizados ya por los griegos como sistema de coordenadas polares para fijar la posición de cualquier punto en la superficie terrestre, las loxodromas ("espirales esféricas", según el artista) fueron líneas más esquivas, cuya definición recién tuvo lugar en 1546, cuando el cartógrafo portugués Pedro Nunes señaló que esta línea tan particular, que mantiene un ángulo constante con los meridianos, tiene como punto asintótico el polo terrestre, alrededor del cual se enrosca infinitamente sin alcanzarlo nunca.

El problema básico de la cartografía consiste en transformar la superficie esférica de un "Mapamundi" (poco práctica para realizar mediciones y que imposibilita cualquier observación simultánea de todo el conjunto) en una imagen plana. La esfera no es "aplastable" y las proyecciones cartográficas deben lidiar, de diferentes modos y con diferentes costos, con este problema. En 1569, el cartógrafo flamenco Gerard de Cremere utlizó por primera vez una proyección que poseía una virtud que lo haría famoso: no sólo los paralelos y meridianos eran representados como líneas rectas, sino que las líneas loxodrómicas aparecían también como

líneas rectas en el mapa. Sin embargo, la distorsión en las altas latitudes iba progresivamente en aumento hasta hacerse infinita, por lo que no podía utilizarse para representar las latitudes cercanas a los polos. Igualmente, se impuso por ser la más útil para la navegación y aún hoy sigue siendo utilizada en variantes más sofisticadas (como en Google Maps). Si lo que se desea es una visualización de la Tierra en todo su conjunto, la proyección Goode Homográfica Interrumpida es la que menos distorsión introduce en las formas y tamaños de los continentes.

La verdad es que no siempre los imperios utilizaron la proyección de Gerard de Cremere en su cartografía "ideológica" ni los cartógrafos tuvieron la culpa de que el campo magnético esté orientado en coincidencia aproximada con el Norte geográfico, ni mucho menos de que el Polo (Norte) pudiera determinarse astronómicamente por la posición de la estrella homónima, factores estos que llevaron a la aceptación de toda una serie de convenciones cartográficas que simplificaron la lectura y uso de los mapas. La Historia de la Cartografía está llena de mapas extraordinarios que utilizaron convenciones diferentes y la Historia del Arte, por su parte, está llena de mapas que fueron diseñados con objetivos estéticos.

Al respecto, les proponemos completar las siguientes preguntas cuyas respuestas puede encontrar en el blog: revistaexactamente.wordpress.com

The M.C.Escher Company. Art.10 Ley 11.723

PREGUNTAS

1. ¿Cómo se llama el artista que creó "Espirales esféricas"?

2. ¿Cuál era la latinización del apellido de G. de Cremere, nombre con que se lo conoce actualmente?

3. El mismo autor de "Espirales esféricas" realizó una obra muy similar en la cual peces alternativamente blancos y negros se deslizan hacia el Polo Sur desplazándose por las líneas loxodrómicas. ¿Alcanzarán alguna vez esos peces su destino?

4. Si se observa la traza de las loxodromas en una proyección Mercator, las mismas aparecen como líneas rectas. ¿Significa esto que ellas representan la distancia más corta entre dos puntos geográficos que se encuentran sobre su traza?

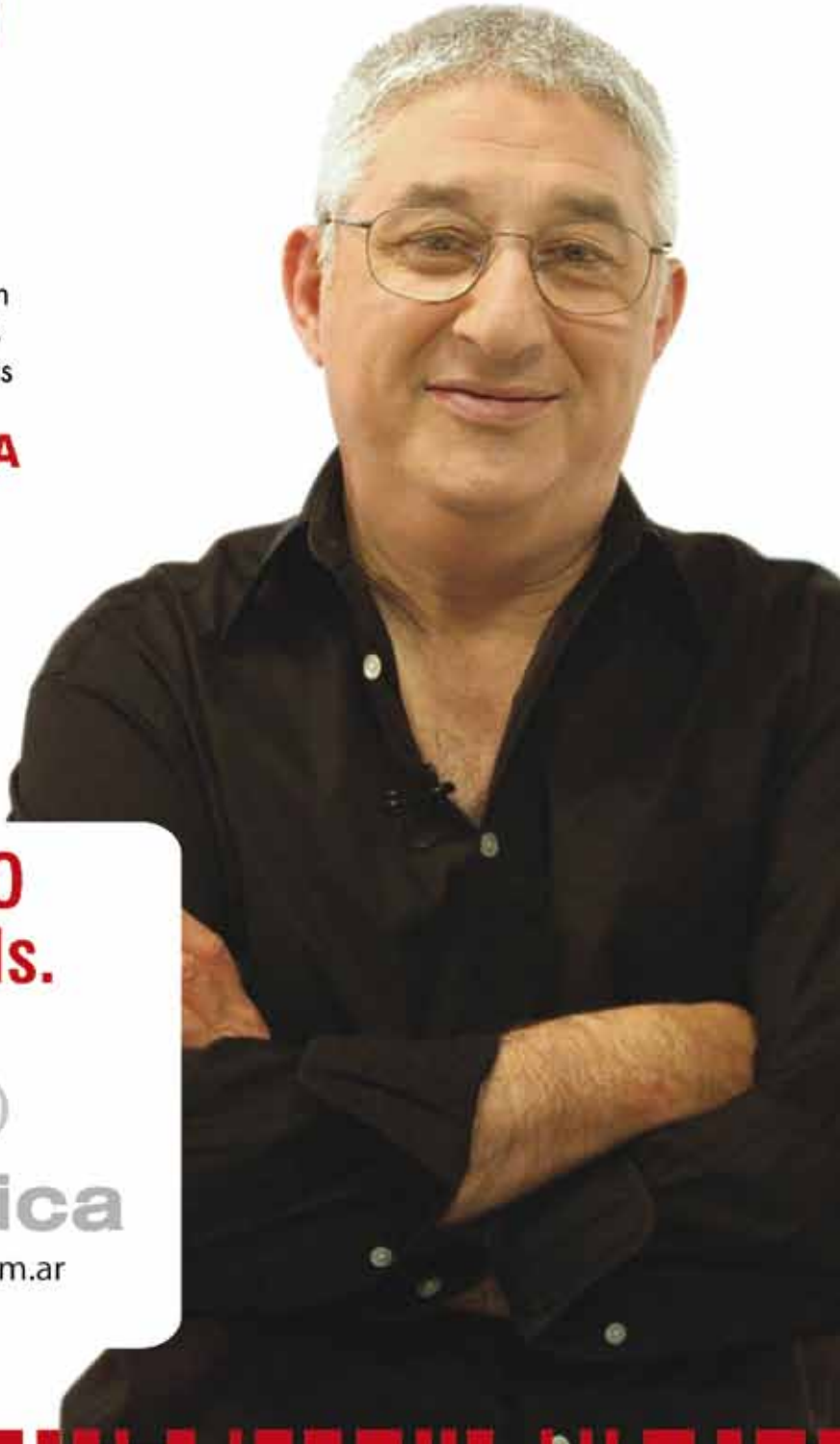
5. ¿Qué tipo de proyección utiliza A. Maranzano en su obra?

6. Sabemos que, por definición, los paralelos guardan esta relación entre ellos y por lo tanto no se cruzan nunca, mientras que los meridianos, separados por una longitud geográfica constante convergen hacia los polos, donde todos ellos se cruzan. Las bandas amarillas en la superficie esférica invisible creada por Escher tienen todas la misma orientación (30º N) y están, en rigor, limitadas por loxodromas. Sin embargo, las bandas amarillas no presentan el mismo ancho en su espiralada trayectoria desde el Ecuador hacia los Polos. ¿Significa esto que las loxodromas que las limitan son convergentes?

CIENTIFICOS
INDUSTRIA ARGENTINA

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

CON ADRIÁN PAENZA



SÁBADO
11.30 Hs.

tv.pública
www.canal7.com.ar

Atendé ESTE LLAMADO!

Incubacen llama!
Presentate a la convocatoria 2011 de ideas - proyecto

Si tenés una idea de negocios y sos emprendedor te ayudamos a convertir tu proyecto en empresa. Presentate a la convocatoria de Incubacen, la incubadora de empresas de base tecnológica de Exactas.

www.incubacen.fcen.uba.ar

incubacen

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires

EXACTAS UBA