

Año 24 | N° 63 | Noviembre 2017
ISSN papel: 1514-920X
ISSN en línea: 1853-2942

EXACTamente

EX
m

La revista de
divulgación
científica

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

Criopreservación

Conservar y preservar en frío

Informática aplicada

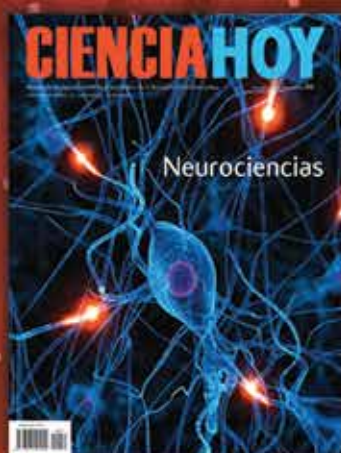
En busca del software perfecto

Dossier

Energías renovables

Metrología

**La ciencia de
las mediciones**

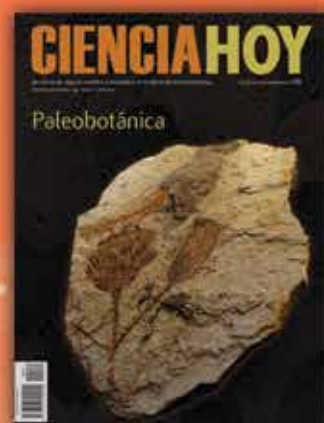


Suscríbase al
conocimiento

CIENCIAHOY

Revista de divulgación
científica y tecnológica

Temáticos



www.cienciahoy.org.ar

contacto@cienciahoy.org.ar

 RevistaCienciaHoy

Nº 63

Noviembre
2017



Foto de tapa:
Michel Curi/Flickr

EXACTamente

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

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

Vías de contacto

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

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



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

Editorial

No da lo mismo

¿Puede un profesor de ciencias duras prescindir del enfoque ideológico de su cometido? ¿Puede orientar su tarea a generar pensamiento optimista en lugar de pensamiento crítico? ¿Puede darle lo mismo su trabajo inmerso en un proyecto de país industrial que en un país agroexportador? ¿Daré igual que el sistema científico que aguarda a sus estudiantes les permita desarrollarse plenamente o que quede desfinanciado? Para la comunidad científica y docente de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA la respuesta es clara y rotunda: no, no puede, no da lo mismo.

El neoliberalismo en nuestro país fue, es y seguirá siendo, un sistema en el cual la formación científica de los estudiantes no tiene sentido social, ni político, ni tan siquiera individual. Los amantes de la curiosidad y del saber tampoco podrán ver colmadas sus expectativas inmersos en un país de economía primarizada: ya no regresarán los cerebros brillantes que se fueron antes, y comenzarán a emigrar los capaces que serán tentados por el exterior.

El peso de la ciencia en la inversión del estado nacional se redujo más de un 20% en menos de dos años. Y otro tanto ocurre con la inversión en la educación superior. Es una película que ya vimos, con ingenieros manejando taxis o haciendo colas en los consulados. No se trata de una ecuación difícil de comprender y, por otro lado, es imprescindible que la discutamos con nuestros estudiantes.

Ricardo Cabrera
Director de EXACTamente

SUMARIO

21



10



6



18



33



14



3

Editorial

6

Disciplinas

Metrología

10

Criopreservación

La fantasía de Walt Disney

14

Ingeniería de software

En busca del software perfecto

18

Especies invasoras

Hormigas argentinas

21

DOSSIER. Energías renovables

- . Enchufados al sol
- . Vientos electrizantes
- . ¿Generador de agua?

33

Nuevo desarrollo

Films fuera de serie

36

Física y filosofía

El presente y nada más

42

Contaminación

Cianobacterias

46

Preguntas

47

Paenzamientos

48

Biblioteca

49

Bär de ciencia

50

Artes

Facultad Universidad de Buenos Aires de Ciencias Exactas y Naturales

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

Ciencias
Biológicas

Ciencias
de la Atmósfera

Ciencias
de la Computación

Ciencias Físicas

Ciencias
Geológicas

Ciencias
Matemáticas

Ciencias Químicas

Ciencia y Tecnología
de los Alimentos

Oceanografía

Paleontología

Profesorados
en Ciencias

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



STAFF

CONSEJO EDITORIAL

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

EQUIPO EDITORIAL

Director: Ricardo Cabrera
Coordinador editorial y editor de imágenes: Juan Pablo Vittori

Jefa de redacción:
Susana Gallardo

Redactores:
Cecilia Draghi, Gabriel Stekolschik

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

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

Colaboran en este número:
Daniela Monti - Paula de Tezanos Pinto

Corrección:
Nadia Bascopé - Fernanda Giraudo

Diseño:
Pablo G. González

Fotografía: Diana Martínez Llaser

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



zeus almighty/flickr

Metrología

Precisión se precisa

Las primeras unidades de medida se relacionaban con el cuerpo humano, pero las discrepancias eran enormes. El comercio, la industria y la actividad científica requerían mediciones más precisas de longitud, peso y, sobre todo, tiempo. Hoy casi todos los patrones de medición se independizaron de los objetos físicos, y se basan en constantes fundamentales de la naturaleza. Solo falta el kilogramo patrón, que lo hará a partir de 2018.

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

Fotos: Diana Martínez Llaser

A lo largo de la historia, tomar medidas siempre ha sido una necesidad, en especial para el intercambio y el comercio. En los comienzos, el cuerpo humano sirvió como patrón. Así surgieron, como unidades, la pulgada (ancho de la primera falange del dedo pulgar), el pie, el codo o la longitud de un paso.

Existía un cierto ideal de las proporciones del cuerpo humano, pero cada sociedad poseía un valor diferente para las medidas: el largo del pie variaba según fuera romano, griego, íbero, babilónico o inglés.

Pero había discordancias también en otras unidades. Por ejemplo, la milla romana, distancia recorrida con mil pasos (*miliapassuum*), medía unos 1481 metros. Pero la milla náutica, utilizada en navegación marítima y aérea, equivale a 1852 metros.

Con el fin de establecer un sistema de medidas universal, en época de la

Revolución Francesa, en 1792, se creó el sistema métrico decimal, estableciendo el metro como unidad de longitud y el gramo como unidad de masa.

En comparación con otros sistemas de medición, el decimal, basado en múltiplos de diez, era más rápido de aprender. Para pasar de una unidad métrica a otra bastaba con sumar prefijos fáciles de recordar, y desplazar el punto decimal. El empleo de las unidades de diez resulta algo natural si se piensa que, desde sus inicios, la humanidad ha usado sus diez dedos para contar.

No obstante, pasarían muchos años hasta que ese sistema se generalizara a todo el mundo. Fue en 1875 cuando Francia convocó a todos los países a acordar un sistema de unidades universal, y se creó el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM).

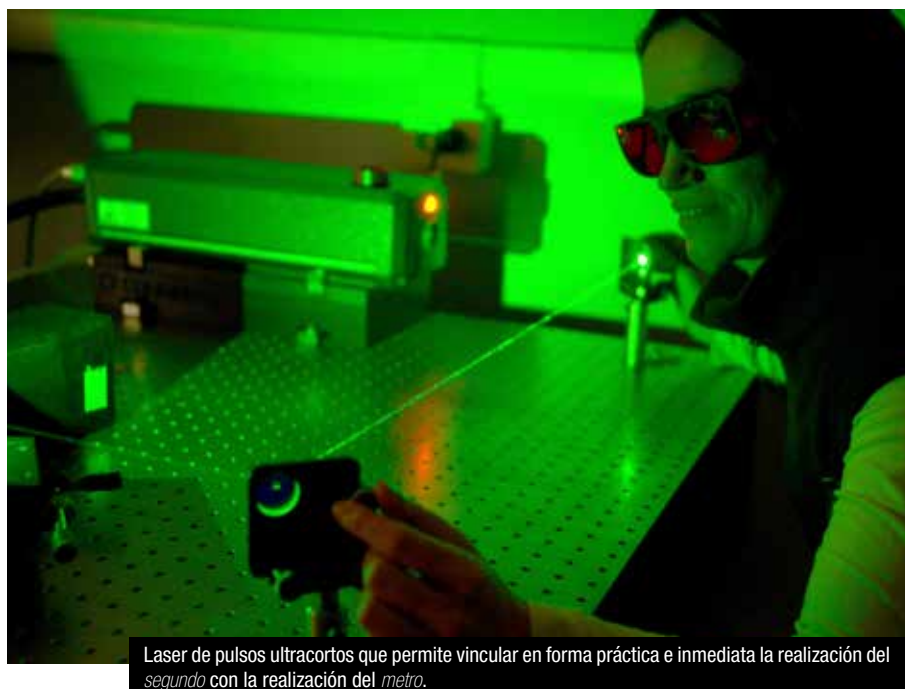
En ese momento, Argentina fue uno de los 17 países que acudieron al llamado. El representante fue Mariano Balcarce, yerno de José de San Martín. A partir de ese momento se fueron creando, en los distintos países, institutos nacionales de patrones.

El sistema métrico decimal sería adoptado por la mayoría de los países del mundo, excepto Estados Unidos, Reino Unido y otras naciones con influencia anglosajona, que siguieron empleando las pulgadas, las yardas y las millas, junto con el sistema métrico.

La ciencia de medir

La ciencia que estudia las mediciones es la metrología. “En cada país hay un instituto destinado a esta tarea, que es coordinado desde París por el CIPM, donde se discuten los cambios en las unidades”, afirma el doctor Joaquín Valdés, decano del Instituto de la Calidad Industrial de la UNSAM y el INTI. Durante 16 años, Valdés fue uno de los 18 miembros del CIPM.

Cuando se planteó la necesidad de un sistema universal, se pensó en un cuerpo patrón único para todo el mundo, y lo primero fue una pesa de un kilogramo y una barra de un metro.



En aquellos años en que se establecía una unidad de medida universal, se buscó una referencia que se mantuviera inalterable, pero una barra de metal puede modificarse. Podía utilizarse como referencia una dimensión del planeta, bajo el supuesto de que éste no cambia. De este modo se consideró que el metro podría corresponder a una fracción de meridiano terrestre.

En 1792, la Academia de Ciencias de Francia definió el metro como la diezmillonésima parte de la distancia que separa el polo de la línea del ecuador terrestre, a través de la superficie del planeta. Pero el meridiano no sería uno cualquiera, sino el que pasa por París. La medición se hizo desde Barcelona a Dunkerke, al norte de Francia.

Finalmente, el metro patrón fue una barra de platino-iridio que correspondía a la diez millonésima parte de un cuarto de meridiano terrestre.

Pero había que buscar algo más inalterable que la barra de metal. Una forma más precisa podía ser la longitud de onda de un rayo de luz, y contar cuántas veces entra la longitud de onda en una barra, de una punta a la otra.

A fines del siglo XIX, el físico estadounidense Albert Michelson, que logró confirmar que la velocidad de la luz es constante en todas las direcciones, desarrolló el interferómetro, que permite medir distancias con una precisión muy alta. En 1892, Michelson midió el metro

en términos de la longitud de onda de la luz roja emitida por el cadmio.

“Finalmente, en 1960 se abandona la barra de platino e iridio por un múltiplo de longitudes de onda del criptón 86. De este modo, el metro patrón es un valor referido a una constante fundamental: la longitud de onda de un elemento químico, y ello puede medirse con un interferómetro”, describe Valdés. Pero para esa época nacía el láser, que daría mayor precisión que el cadmio y el criptón, porque sus emisiones de fotones están sincronizadas.

Actualmente, el metro se define, a nivel internacional, como el trayecto que recorre la luz en el vacío en una fracción de segundo. Es igual a uno sobre aproximadamente 300 millones de segundos (exactamente $1/299.792.458$). La barra de metal hoy es solo una pieza de museo. Un camino similar sería recorrido por la pesa patrón a partir del año 2018.

El patrón constante

En la actualidad, “el concepto de un cuerpo patrón se ha ido abandonando, porque los cuerpos están sujetos a modificaciones y ello influye sobre lo que se mide. Si el kilogramo patrón cambia, ello implica que todo lo que se pese va a cambiar”, indica Valdés, especialista en metrología.

Actualmente, de las siete unidades de base: kilogramo, metro, segundo, amperio, kelvin, mol y la candela (unidad



El INTI posee pesas patrón, que se comparan con el kilogramo patrón que está en París, y supervisa a diversos laboratorios que calibran las pesas para la industria.

de intensidad luminosa), todavía queda una que se corporiza en un cuerpo patrón, y es el kilogramo.

“Después de casi 40 años de desarrollos y experimentos muy complejos, se va a reemplazar esa pesa patrón por algo que dependa de constantes fundamentales”, señala el investigador.

Y explica que uno de los experimentos es el kilogramo eléctrico: en un platillo de una balanza electromagnética se pone un kilogramo y, en el otro, una bobina por la cual circula una corriente eléctrica en un campo magnético que genera una fuerza electromagnética que compensa la fuerza de atracción gravitatoria del kilogramo. En la parte eléctrica es donde aparece la constante de Planck, que proviene de la física cuántica.

El otro experimento es el del kilogramo atómico, que consiste en contar cuántos átomos hay dentro de una esfera de silicio de un kilogramo y, mediante el número de Avogadro, se determina la masa. En este caso, el problema es que

la esfera puede tener imperfecciones o contaminación con átomos de otros elementos, por lo que una de las limitaciones reside en disponer de un silicio lo más perfecto posible.

“En la nueva definición del kilogramo se va a fijar la constante de Planck. A partir de 2018, se podrá realizar el nuevo kilogramo con cualquiera de los dos experimentos. La ventaja es que la ciencia no dependerá de una pesa que está en París”, asegura Valdés.

En la Argentina, por ley, el INTI es responsable de definir las unidades, mantenerlas con los patrones nacionales de medida, y diseminar la exactitud de medición a la sociedad, la industria, el comercio y la ciencia. Ese instituto posee pesas patrón, que se comparan con el kilogramo patrón que está en París, y supervisa a diversos laboratorios que calibran las pesas para la industria.

Pero no solo se calibra el kilogramo, sino que hay que calibrar desde el miligramo hasta los mil kilos. Por ejemplo, toda la cosecha que se exporta

Millas y kilómetros

La discrepancia entre sistemas de medición hizo que en 1999 se perdiera el primer satélite meteorológico interplanetario, diseñado para orbitar Marte. La NASA formuló las especificaciones en unidades del sistema internacional, pero la empresa que lo construyó, la Lockheed, trabajó en unidades inglesas. El satélite terminó estrellado contra el planeta rojo porque la velocidad especificada en metros por segundo era distinta de la medida en millas por segundo.

pasa por básculas en los puertos. Estas son calibradas a través de numerosas pesas de mil kilos, transportadas en camiones. Para calibrar una báscula de 40 mil kilos, hay que emplear cuarenta pesas de mil kilos.

Pero cuando se calibra con pesas de mil kilos, no se pueden asegurar los ocho decimales de precisión propios de la comparación más exacta entre la pesa que está en París y otro kilogramo. “Si se asegura una exactitud de tres cifras, ello significa que una báscula de 40 mil kilos va a tener un error de 40 kilos en la calibración”. Lo mismo vale para las balanzas de gran precisión que pesan en microgramos, por ejemplo, en la industria farmacológica. Ello muestra la importancia de disponer de una referencia muy precisa.

Medir el cambio

Nuestra noción del tiempo depende de la percepción del cambio. Las sociedades antiguas lo concebían en forma cíclica, en relación con la naturaleza. Hoy lo percibimos como lineal, irreversible, y dividido en segmentos de igual tamaño y valor. Esta concepción se vincula a los instrumentos que lo miden y es independiente de los fenómenos concretos.

El surgimiento de las ciudades, a fines de la Edad Media, coincide con el desarrollo de los primeros relojes de



Caja de bloques patrones de uso industrial, INTI.



Reloj atómico del INTI. El tiempo universal está coordinado a través de unos 400 relojes, cuyas señales se reciben en París. Hoy, un sinnúmero de actividades dependen de la perfecta sincronización de los relojes atómicos de cesio distribuidos en el mundo.

Solo los patrones atómicos de frecuencia tienen la precisión necesaria para detectar este efecto. Un campo electromagnético puede hacer que un átomo suba de un nivel de energía a otro. El proceso también opera en sentido inverso: si el átomo está en un nivel de energía alto, puede caer a un nivel más bajo y emitir energía electromagnética. Así, el tiempo puede medirse a partir de las frecuencias a las que se emite o absorbe la energía electromagnética. El átomo, en cierto modo, sería como un péndulo maestro cuyo número de oscilaciones marca el paso del tiempo.

En 1967 se definió el segundo sobre la base de un número de oscilaciones del isótopo 133 del cesio, el átomo más estable en aquel momento. Entonces, un reloj atómico es un dispositivo que puede contar cuántas veces oscilan las emisiones de cesio 133.

El tiempo universal está coordinado a través de unos 400 relojes, cuyas señales se reciben en París, en el Departamento de Tiempo de la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (BIPM, por su sigla en francés) que dirige una astrónoma argentina, Felicitas Arias. “Se hace un promedio de cómo se comporta cada reloj, y se le devuelve un informe a cada uno, todos los meses, indicando cuánto le tienen que corregir a su reloj”, explica Valdés.

Hoy no solo la actividad científica y tecnológica, sino también la navegación aérea y marítima, el GPS, la telefonía móvil y las comunicaciones en general dependen de la perfecta sincronización de los relojes atómicos de cesio distribuidos en el mundo.

La búsqueda de una mayor precisión en las unidades de medida llevó a independizarnos de artefactos, siempre cambiantes. Pero tal vez lo que haya cambiado de manera más radical nuestra vida cotidiana haya sido la medición del tiempo. Y hoy estamos muy lejos de aquella época en que el tiempo transcurría, en forma cíclica, al compás de las estaciones.

piezas móviles, que se colocaban en las fachadas de los edificios municipales. La vida en la ciudad ya no estaba regida por la naturaleza, y era necesario un mayor rigor en la medición del tiempo.

Esos grandes relojes solían tener una sola aguja. Pero pronto se buscó que marcaran también los minutos y los segundos, lo que se logró con el reloj de péndulo. El minuto y el segundo proceden de la división sexagesimal del grado, introducida por los babilonios. La palabra *minuto* proviene de “prima minuta”, o primera división pequeña; el *segundo*, de la “segunda minuta”, o segunda división pequeña.

En el siglo XIX, las ciudades seguían ajustando la hora local con el sol, y existían diferencias horarias entre ellas. Pero la expansión del ferrocarril requería que todas las estaciones tuvieran una hora normalizada. En 1831 los Observatorios Astronómicos empezaron a distribuir por telégrafo la hora exacta normalizada. Finalmente, en 1884, en la Conferencia Internacional del Meridiano, celebrada en Washington, se estableció un patrón horario mundial, y el meridiano de Greenwich como estándar internacional para la longitud de cero grado.

La precisión de un reloj depende de la regularidad de un tipo de movimiento

periódico. Hasta principios del siglo XX, los relojes más exactos se basaban en la regularidad de los movimientos pendulares. Pero la ciencia buscaba desarrollar sistemas cuyas oscilaciones fueran lo más estables posible, reproducibles y exactas. Es decir, la frecuencia debía mantenerse constante; y diferentes aparatos debían proporcionar el mismo valor.

En la década de 1920 un avance importante fue el desarrollo de los osciladores electrónicos de cuarzo. Su frecuencia está determinada por el período de las vibraciones de un cristal de cuarzo tallado.

Hacia el tic tac atómico

Pero los relojes de cuarzo no sirven para ciertas tareas científicas. Por ejemplo, el estudio de los púlsares (estrellas que emiten brotes periódicos de radiación electromagnética), o la contrastación meticulosa de la relatividad y de otros conceptos físicos fundamentales, requieren sistemas de medición del tiempo todavía más exactos.

Según los cálculos de Einstein, la gravedad deforma el espacio y el tiempo. La diferencia de potencial gravitatorio hace que el tiempo transcurra con mayor rapidez a gran altura que en la superficie de la Tierra: unas 30 millonésimas de segundo más veloz en la cima del Everest que a nivel del mar.



Criopreservación y criónica

La fantasía de Walt Disney

Desde tiempos inmemoriales se sabe del poder que tiene el frío para conservar. No obstante, recién en el siglo XX se empezaron a usar las bajas temperaturas para mantener la vida en estado "suspendido". Así se preservan hoy células y embriones vivos. Ya se logró revivir animales "freezados". Cientos de personas permanecen congeladas esperando una tecnología que las resucite.

Se cuenta que hace poco más de tres milenios los chinos ya usaban el frío para conservar alimentos. Aunque si de cuentos chinos se trata, uno de los más legendarios es el que afirma que, pocos minutos antes de morir, Walt Disney fue introducido en una cápsula y congelado a bajas temperaturas para que, cuando la ciencia avanzara, pudiera ser resucitado y curar su cáncer de pulmón.

Pero así como los Reyes Magos no existen, tampoco es cierto que el creador del Pato Donald esté tieso de frío aguardando la resurrección. Por el contrario, su cuerpo fue colocado en un horno a alta temperatura e incinerado, y sus cenizas están enterradas en un cementerio.

Lo que sí es una verdad es que la refrigeración retarda o detiene la actividad de las células, y esto se aprovecha para la conservación de material biológico.

Pero una cosa es conservar y otra preservar. Este último concepto supone que lo



Tanques para la criopreservación de cuerpos humanos.

que se guarda en frío –se criopreservan– mantenga la posibilidad de volver a vivir. Para ello se requieren temperaturas muy bajas –menores a los 130 grados bajo cero–, que mantienen la vida “suspendida” y que solo pueden alcanzarse en un laboratorio, habitualmente, mediante el uso de nitrógeno en estado líquido (-196°C).

Si bien la temperatura del universo es de unos -270°C , en la Tierra el registro térmico más bajo fue de $-93,2^{\circ}\text{C}$ (en la Antártida, en el año 2010).

“Estamos trabajando en ámbitos todavía poco conocidos. Son temperaturas que no existen en la Tierra, para las cuales nuestros tejidos no están adaptados”, consigna Joaquín Rodríguez, desde el Centro de Criobiología de la Universidad Nacional de Rosario.

El problema no es el frío

Es una verdad de Perogrullo que sin agua no hay vida. De hecho, la mayoría de los seres vivos estamos compuestos principalmente por agua: las células tienen una alta proporción de agua y el espacio intercelular también.

Paradójicamente, el líquido que nos posibilita la existencia es el mismo que nos impide criopreservarnos para alcanzar la inmortalidad. Porque por debajo de 0°C el agua se congela y forma cristales de hielo –algunos con formas puntiagudas– que pueden romper las células.

Por otro lado, y simultáneamente, el congelamiento del agua provoca otro fenómeno que colabora con la destrucción celular: a medida que se forma hielo, disminuye la cantidad de agua en estado líquido y, por lo tanto, aumenta progresivamente la concentración de las sustancias disueltas en ella.

Este fenómeno se produce, inicialmente, afuera de las células (en el líquido intercelular), que es donde el frío llega primero cuando se coloca un tejido a bajas temperaturas.

Entonces, para compensar este aumento de concentración extracelular de sustancias, empieza a salir agua del interior de las células. Y esa deshidratación puede causarles la muerte.

De la misma manera, al descongelar se producirá el proceso inverso: entrará violentamente agua a las células que no se rompieron durante la congelación, lo cual puede hacerlas estallar.

“En definitiva, para criopreservar, básicamente, hay que evitar que el agua forme cristales”, sintetiza Horacio Corti, especialista en el estudio de soluciones acuosas sobreenfriadas.

Manejar el agua

Muchos descubrimientos ocurren por azar. Y fue un “accidente” de laboratorio

En esta nota:

Dr. Joaquín Rodríguez

Investigador Principal del CONICET. Director del Centro Binacional (Argentina-Italia) de Investigaciones en Criobiología Clínica y Aplicada de la Universidad Nacional de Rosario.

Dr. Horacio Corti

Investigador Superior del CONICET. Laboratorio de Líquidos Sobreenfriados y Sistemas Vítreos del Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía.

Dr. Daniel Salamone

Investigador Principal del CONICET. Director del Departamento de Producción Animal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Buenos Aires

el que permitió darle un gran empujón a las técnicas de criopreservación.

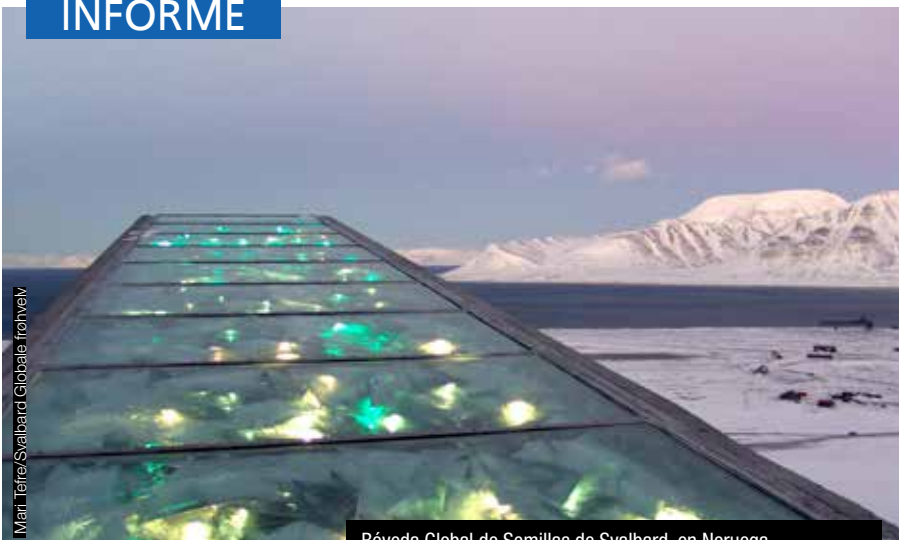
En 1949, el científico inglés Christopher Polge congeló semen de pavo y, por error, utilizó un tubo que estaba contaminado con glicerina. Tiempo después, cuando descongeló el material, comprobó con sorpresa que gran parte de los espermatozoides seguían vivos.

Desde entonces, la glicerina es utilizada como agente crioprotector de muchos tipos celulares y, hasta el día de hoy, es la sustancia de elección para criopreservar semen de distintas especies.

En las últimas décadas, otros compuestos químicos probaron ser eficaces como criopreservantes y, dependiendo del material que se quiere congelar, se elige uno u otro.

En cualquier caso, pese al tiempo transcurrido desde que el azar hizo famoso a Polge, todavía no se conoce cabalmente el mecanismo de acción de estos agentes protectores.

En algunos casos, se postula que en presencia de un crioprotector se retarda la formación de hielo. Este efecto sería el que posibilita llevar un material biológico a bajas temperaturas antes de que empiecen a formarse los cristales que provocan el daño celular.



Bóveda Global de Semillas de Svalbard, en Noruega.

En otros casos, se cree que la sustancia protectora estaría reemplazando el agua que hidrata las estructuras celulares. De esa manera, se estaría evitando que la deshidratación —que ocurre, como se explicó anteriormente, durante el proceso de congelamiento— altere dichas estructuras.

De todos modos, los crioprotectores tienen sus limitaciones. Fundamentalmente, debido a que las concentraciones que se requieren para que cumplan adecuadamente su función de criopreservar pueden ser tóxicas para las células.

Vidrios de agua

En los últimos años, se desarrolló una técnica que revolucionó el campo de la criopreservación: la vitrificación.

Es un proceso físico que permite que el agua líquida pase a un estado sólido amorfo similar al vidrio —de allí su nombre—, en el que la disposición de los átomos y las moléculas hace que no se formen cristales, lo cual reduce el daño celular.

“Para formar agua sólida amorfa es necesario enfriarla a una velocidad superior a los diez mil grados por segundo”, ilustra Corti. “Es algo técnicamente difícil”, acota Rodríguez.

Otra manera de vitrificar el agua es aumentar su viscosidad utilizando altas concentraciones de crioprotectores. “El problema es que son concentraciones tóxicas para la célula”, observa Rodríguez.

Para resolver estos inconvenientes se encontró una solución “intermedia”, que consiste en manejar el proceso mediante un delicado equilibrio entre la concentración de agentes crioprotectores y la velocidad de enfriamiento.

No obstante, todavía hoy persiste una importante limitación para este método: “Solamente se pueden vitrificar volúmenes muy pequeños de solución, del orden de los cinco a diez microlitros (NdR: una gota de agua tiene un volumen de 50 microlitros)”, explica Rodríguez.

En otras palabras, con la tecnología actualmente disponible “lo más grande” que se puede vitrificar es un embrión con unos pocos días de desarrollo.

Biodiversidad enfriada

Existen cientos de bancos de semillas por todo el mundo. Entre ellos, la Bóveda Global de Semillas de Svalbard, situada en Noruega, a unos mil kilómetros del Polo Norte, sobresale por sus particularidades: excavada en una montaña, a 130 metros de profundidad, está construida para resistir los terremotos, la actividad volcánica, la radiación y la crecida del nivel del mar.

Con capacidad para albergar 4,5 millones de variedades de semillas, actualmente guarda más de 930.000, provenientes de casi todos los países del mundo.

Las simientes están preservadas a 18 grados bajo cero y, para el caso de un corte de energía, como el lugar se mantiene por debajo de los 0°C las 24 horas del día

durante todo el año, la bóveda funcionaría como un congelador natural.

Pero, dado que las semillas están naturalmente preparadas para resistir condiciones ambientales adversas, preservarlas es menos difícil que para el caso de las células animales.

“Lo más aventurero que queremos lograr es criopreservar fragmentos de piel de especies que están en riesgo de extinción”, confiesa Daniel Salamone, referente internacional en clonación animal. “Esto permitiría obtener muestras de animales que están en zoológicos, en la selva o, incluso, que mueren en accidentes automovilísticos”.

Mediante la vitrificación, hoy se puede criopreservar germoplasma (espermatozoides, óvulos o embriones) de especies amenazadas. Pero hay situaciones en las que el germoplasma no es útil. Por ejemplo, cuando los espermatozoides son escasos o de mala calidad.

En estos casos, la preservación de células distintas a las sexuales, provenientes del resto de los tejidos del cuerpo —denominadas células somáticas—, adquiere mucha relevancia.

“Para nosotros la célula somática es también germoplasma”, considera Salamone. “Porque ya existe la metodología para convertirlas en células sexuales, aunque todavía es una tecnología imperfecta”, aclara.

Con su mirada de “clonador”, Salamone propone: “Por otra parte, si el frío destruyera las células somáticas que tenemos guardadas, el ADN se conservaría y podría inyectarse en un óvulo previamente enucleado y, de esa manera, sería posible generar un embrión viable”.

El precio de la inmortalidad

El *Homo sapiens* es la única especie del planeta que se sabe mortal. Quizás por eso, la idea de la resurrección seduce a la humanidad desde sus orígenes. Antiguos mitos y obras de arte de todos los tiempos dan cuenta de ello. Y también la ciencia.



Dado que las semillas están naturalmente preparadas para resistir condiciones ambientales adversas, preservarlas es menos dificultoso que para el caso de las células animales.

de que, en algún futuro, exista una tecnología apropiada para resucitarlos.

El precio de criopreservarse dentro de grandes tanques repletos de nitrógeno líquido, colgado de los pies —así, si se evapora un poco de nitrógeno, el cerebro no corre riesgos—, varía ampliamente (de U\$S 28.000 a U\$S 200.000), dependiendo de la compañía y de los servicios que se pagan. En algunos casos, se ofrece conservar solamente la cabeza, lo cual abarata el costo.

Se calcula que poco más de 300 personas en todo el mundo se han sometido a este procedimiento.

Futuro frío

Para la gran mayoría de la comunidad científica, la criónica es considerada una pseudociencia. Se sostiene, por ejemplo, que cuando se congeló a la primera persona, en 1967, se usó un agente criopreservante que —en ese entonces no se sabía— probablemente dañó irreversiblemente su cerebro.

“Un organismo congelado puede lucir sano por fuera pero estar destruido por dentro”, ilustra Corti.

Si hay algo en lo que la ciencia parece coincidir con la criónica es en la fantasía de los viajes interestelares. En ese camino, un artículo científico publicado hace pocos días en *Proceedings of the National Academy of Sciences* reveló que una muestra de espermatozoides de rata que había estado en la estación espacial a -95°C durante 9 meses mantenía una fertilidad normal.

De todos modos, lo concreto es que, al día de hoy, no es siquiera posible congelar un órgano sin dañarlo. De hecho, cuando se transporta para un trasplante se conserva a 4°C.

“No se avanzó mucho en criopreservación. Estamos casi como hace 30 años y discutiendo algunas mejoras”, reconoce Rodríguez.

En 1954, la prestigiosa revista científica *Nature* publicó un artículo en el que se describe un experimento de resucitación de *hamsters* previamente congelados. Los animalitos fueron revividos después de estar casi una hora con su temperatura corporal por debajo de los 0°C.

No obstante, si bien el artículo describe algunos daños sufridos por los sobrevivientes, no da cuenta acerca de qué cantidad de *hamsters* murieron durante las pruebas.

La temperatura corporal más baja registrada a la que un ser humano pudo sobrevivir alguna vez es 13,7°C. Es el caso de Anna Bågenholm, una sueca que, en 1999, cayó a un río congelado mientras practicaba esquí. Su cerebro nunca alcanzó temperaturas bajo cero y, sin embargo, todavía hoy sufre algunas secuelas neurológicas debidas al frío que debió soportar.

“Si se quiere criopreservar vida hay un costo que pagar. Siempre hay un daño”, advierte Rodríguez.

Durante las décadas siguientes al trabajo con los *hamsters*, no se encuentran registros científicos de experimentos destinados a la criopreservación de mamíferos. En cambio, desde entonces, los intentos por criopreservar animales enteros se limitaron a algunos invertebrados. Entre ellos, larvas de insectos y algunos gusanos. En muchos de estos casos, se logró un porcentual de éxito al intentar revivirlos.

“Se suele informar el porcentaje de individuos sobrevivientes, pero no te dicen en qué condiciones quedaron

o qué daños sufrieron. Eso es lo que hay que empezar a explorar”, propone Rodríguez.

En 2015, un artículo científico publicado en la revista *Rejuvenation research* informó que un procedimiento de vitrificación permitió volver a la vida a la totalidad de un grupo de individuos congelados. El estudio se realizó con *Caenorhabditis elegans*, un gusano de alrededor de un milímetro de largo que, por sus características particulares, es muy utilizado para la investigación en diversas áreas de la biología, como el aprendizaje, la memoria o el envejecimiento, entre otras.

El mismo trabajo incluyó experimentos que muestran que, luego de ser descongelados, los gusanitos mantienen la memoria de largo plazo.

Según escriben en el *paper* los dos autores de la investigación, Natasha Vita-More y Daniel Barranco, el trabajo constituye “la primera evidencia de conservación de la memoria después de la criopreservación”.

Ambos científicos exhiben su pertenencia a la *Alcor Life Extension Foundation*, una organización —“sin fines de lucro”— situada en Arizona, Estados Unidos.

Alcor se autodefine como “líder mundial en criónica”, es decir, en la criopreservación de cuerpos enteros después de declarada su muerte legal.

Actualmente, un puñado de compañías dispersas por el mundo ofrece este servicio para quienes guardan la esperanza

Ingeniería de software

En busca del software perfecto

¿Qué tienen en común un celular, un marcapasos y un auto? Todos estos aparatos están controlados por software, que fue previamente diseñado y testeado por un equipo de especialistas. Sin embargo, más allá de su importancia central en la vida moderna, el software tiene un problema universal: los errores. En este artículo, se exploran los enormes desafíos que enfrentan los ingenieros de software para poder mejorar los programas a pesar de estas fallas comunes.

Ignacio Uman - iuman@dc.uba.ar

“El software se está comiendo al mundo”, dijo Marc Andreessen en una famosa nota del periódico *Wall Street Journal*. Esa frase del fundador de Netscape hacía referencia a la revolución e impacto que ha producido el software y las tecnologías disruptivas en todos los ámbitos de la vida moderna. Tomando la metáfora de Andreessen, para que el software no devore sus propias soluciones, desde hace medio siglo se trabaja sistemáticamente en una disciplina que trasciende la actividad de programar.

Según la definición del IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) la ingeniería de software es “la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación y mantenimiento del software”. Incluye el desarrollo de programas e integra a las matemáticas, la computación y algunas prácticas cuyos orígenes se encuentran en la propia ingeniería. El concepto nació en 1968, tras una conferencia en Garmisch (Alemania) que tuvo como objetivo resolver los problemas de la crisis del software, a partir de los avances de nuevo hardware basado en circuitos integrados, ocurridos hasta mediados de la década de 1980.

Para entender el concepto de ingeniería de software, también se puede trazar un paralelismo con la ingeniería civil (salvando las distancias). De la misma manera que construir un edificio no es solo apilar ladrillos, escribir programas no es lo único que se hace cuando se construye un sistema de software. Para los edificios, existe todo un proceso de diseño, planos, pruebas estructurales, etc. En tanto que, para construir software, además de la programación, se deben coordinar tareas de diseño, testeo, validación, planificación de grupos de trabajo, implementación, entre otras.

Una joven disciplina

A diferencia de las ingenierías tradicionales, la ingeniería de software posee apenas cincuenta años de vida. En este escenario, los ingenieros de software buscan repensar qué aspecto debe tener el plano de un software, qué tipo de pruebas matemáticas y estructurales se necesitan realizar sobre ese plano



para asegurarse de que no va a fallar, cómo lograr que se equivoquen menos los programadores o bien lograr que el software se desarrolle más rápido.

Otra diferencia sustancial es que en la ingeniería civil las fórmulas de cálculo estructural que se usan para determinar si la estructura de un edificio es la correcta están sólidamente entendidas y, si están bien utilizadas, se puede probar que un edificio no se va a caer. En cambio, esas fórmulas no existen en la ingeniería de software, que depende de la naturaleza discreta del código de programación. En este sentido, matemáticamente es imposible garantizar de antemano que un software no tendrá errores en un tamaño razonable, aseverar que el programa no se va a “colgar” (que un programa se cuelgue significa que no se detenga cuando debería) o que el código de programación responderá a la funcionalidad del programa. Este tema fue graficado con el “problema de la parada” por el pionero de la computación Alan Turing, en 1936 cuando aún no había computadoras. El célebre matemático inglés demostró que no es posible escribir un programa de computadora que nos diga si otro programa cualquiera se queda o no se queda colgado. En suma, este propósito no se puede lograr de manera automática.

Puede fallar

A lo largo de las últimas décadas, se han producido importantes errores de software. Ejemplos hay muchos, desde un caso curioso como la desaparición temporal de Suecia del mapa de Internet por la falla de un archivo de procesamiento, hasta errores de programación en las misiones espaciales (Fobos 1, Mariner 1 y Ariane

5) y de vulnerabilidad con el caso “Heartbleed”, que develó en 2014 un grave error en el método de encriptación OpenSSL, que había comprometido durante años la seguridad de dos tercios de las páginas web existentes. Incluso uno de estos errores se ha cobrado vidas humanas, como la falla de software en el equipo de radioterapia canadiense Therac-25, que entre 1985 y 1987 hizo que se suministraran sobredosis de radiación causando la muerte de seis pacientes.

Un estudio de la Universidad de Cambridge estima que en todo el mundo el 50% del tiempo del desarrollo de software se destina a localización y corrección de errores. Se calcula que esto impacta en la economía global en más de 300 mil millones de dólares anuales.

Pero, al fin y al cabo, ¿por qué se producen errores de software? Una primera aproximación a este interrogante consistiría en entender que programar resulta una actividad intelectual sumamente compleja.

“Posiblemente la humanidad no construya otros productos con la complejidad que tiene el software, donde un pequeño error produce una discontinuidad completa: el programa deja de funcionar”, señala Sebastián Uchitel, investigador en ingeniería de software y director del Instituto UBA-CONICET en Ciencias de la Computación.

Uchitel codirige el Laboratorio de Fundamentos y Herramientas para la Ingeniería de Software (LAFHIS), junto a Víctor Braberman, en Exactas-UBA, donde se investigan y se desarrollan técnicas automatizadas para respaldar el análisis de productos de software, incluyendo requerimientos, diseño y código.



Conversando sobre la etimología de la palabra “software”, el investigador comenta que el término no resulta del todo representativo de cómo es un programa en la práctica, “da la idea de que algo ‘soft’ es blando y, por lo tanto, maleable. Y que, si está arruinado en un lugar, no importa. Cuando en realidad el software sería como un vidrio, enorme, donde un bug o error de sintaxis resulta en una imperfección que produce una rajadura que cruza todo el vidrio y puede hacer que se desplome”.

Es evidente que la juventud de la ingeniería de software, comentada anteriormente, complejiza de alguna forma la disciplina, más allá de sus fundamentos teóricos, que no cambiarán. “Estamos recién empezando a identificar tipos de software que requieren diferentes tipos de técnicas. Cuando habíamos entendido cómo funcionaba esta ingeniería, se inventó la Web y luego empezaron los sistemas móviles e Internet de las cosas”, reflexiona Uchitel.

El investigador comenta que, en las décadas de 1970 y 1980, había una clasificación estable: software crítico y de soporte. Del primero dependen vidas humanas o la misión crítica de una organización, por ejemplo, una empresa que fabrica caños de acero, y su maquinaria está controlada por software que hace que el horno funcione a cierta temperatura o se muevan piezas y que, si funciona mal, la fábrica no produce. En cambio si se detiene por un día un programa que maneja la emisión de facturas, es grave pero solucionable. Otra distinción posible es entre software reactivo o interactivo: es distinto el software más tradicional al que se le pide calcular algo y da una respuesta automática, como si fuera una calculadora, del software que se está

ejecutando todo el tiempo y uno pregunta, responde y hay interacción continua, como sucede con las aplicaciones actuales del teléfono.

Cada uno de estos sistemas tiene un conocido algoritmo (conjunto ordenado de operaciones sistemáticas), pero se trata de características generales que no abarcan nuevos problemas de la ingeniería de software. Esto puede apreciarse con los sistemas de software móvil: no es lo mismo un sistema reactivo que funciona en un teléfono celular, que tiene problemas de batería y que se mueve de un lado al otro, que un sistema reactivo en una computadora, con el que el usuario se conecta regularmente a Internet y luego se desconecta.

“Cuando hay un error concreto de diseño o implementación recae del lado del desarrollador. Tiene que mejorar su software. En cambio, cuando surge una mala comprensión del requerimiento, hace falta que el desarrollador interactúe con el cliente, porque la especificación es compleja”, destaca Nazareno Aguirre, Investigador del CONICET y Profesor asociado del Departamento de Computación de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC).

Aguirre, quien se especializa en métodos formales de desarrollo, explica que la ingeniería de software puede apuntar a mejorar procesos o productos. Ambos son caminos vinculados y complementarios entre sí.

En el caso de los procesos, se analizan las etapas y elementos a trabajar en el trayecto de desarrollo (captura de información, formalización de requisitos, planificación y diseño e implementación del software) que garanticen que se alcanzará un estándar de calidad, un

software más confiable y que tenga menos desvíos entre el comportamiento esperado y el comportamiento real del sistema.

En cambio, con los productos, se utilizan métodos de testeo (testing), que efectúan un análisis del producto de software para lograr un resultado más eficiente. Una herramienta eficaz para esta tarea es el compilador, que se ocupa de la traducción de código para buscar inconsistencias en las variables de funcionalidad en el programa. Y cuando encuentra esos errores, genera la tarea de depuración (debugging) en los errores del producto de software.

Soluciones de calidad

Con el propósito de encontrar soluciones que permitan minimizar los errores de software y aumentar la confiabilidad y calidad del producto, los investigadores desarrollan técnicas eficientes e innovadoras.

Una rama en la que se trabaja arduamente es la programación automática, que consiste en lograr que un programa comprenda y automatice la tarea de programar. Estas técnicas de razonamiento automático llevan al investigador a testear numerosas veces ese programa hasta tener cierta confianza de que funciona correctamente. “El problema de esa rama de síntesis de código es que debemos proveerle al programa los requerimientos de manera muy clara y específica. Esos requerimientos no pueden tener ningún error, porque el programa va a hacer exactamente lo que se le pide”, afirma Uchitel.

Desde el laboratorio LAFHIS de Exactas-UBA, están desarrollando novedosas herramientas de síntesis de



controladores para construir software automáticamente a través de modelos de comportamiento. “Trabajamos en sintetizar código que usan los drones, por ejemplo, para una tarea de agricultura para la cual no vienen previamente configurados”, puntualiza Uchitel. Diseñar una estrategia en la que el dron recorra sistemáticamente el terreno y encuentre con eficiencia todos los lugares donde hay exceso de humedad en el campo, es uno de los enormes desafíos de los ingenieros de software del laboratorio. Este modelado de comportamiento, que provee la síntesis de controladores, permite al equipo de ingenieros detectar errores en etapas tempranas de desarrollo.

“La cantidad de ingenio humano que ponemos a la solución difícilmente pueda ser copiada por una computadora. Sin embargo, buena parte de la tarea de depuración de errores está siendo puramente mecánica y puede funcionar bien”, agrega Aguirre. En este aspecto uno de los avances del área de investigación en ingeniería de software de la UNRC, ha sido el desarrollo de técnicas automáticas para la generación de casos de test de software y la reducción en el conjunto de veces que el software se prueba, manteniendo la calidad del producto final. “Definimos un criterio que permite reducir el tamaño de casos de test automático, lo cual reduce significativamente tiempos y costos de desarrollo. Para establecer este conjunto óptimo de casos de test, miramos la especificación de la tarea que efectivamente debe realizar el software”, enfatiza Aguirre.

Para la industria, el panorama no es diferente y se implementan procesos de test del software sumamente estrictos para garantizar la calidad del producto. Una de las áreas principales de trabajo es el desarrollo guiado por pruebas

de software (test driven development) que considera al testeado con el mismo rigor que al código de programación. “Utilizamos herramientas de CI (continuous integration) donde la idea es integrar la ejecución de los test en diferentes puntos del desarrollo del producto de software”, destaca Guido de Caso, arquitecto de software de Medallia Argentina y doctor en Ciencias de la Computación de Exactas-UBA.

En Medallia, planifican la ejecución de prueba del producto de software en un ciclo de tres etapas: una nueva característica del programa (feature branch con test unitarios), la integración de esa característica al producto (test de integración) y un producto candidato para lanzarse como versión definitiva a menos que aparezcan errores que lo impidan (release candidate con baterías extensivas de test).

Antes de lanzar una nueva versión del software, la misma atraviesa numerosos test de seguridad, performance, regresión y numerosas pruebas que abarcan aspectos de calidad de ese lanzamiento. También el producto de software cuenta con certificaciones de calidad (por ejemplo la norma ISO/IEC 25000) y validaciones de seguridad y confidencialidad. En el caso de productos destinados a banca y finanzas, salud y gobierno, se realizan estrictas certificaciones de confidencialidad de los datos de los usuarios.

“La clave es tratar de entender cuál es el costo de un error, cuál es el costo de garantizar la ausencia de un error y cuál es el balance que se hace entre esas dos cosas. En algunos casos el costo de quitar todos los errores del software puede ser la diferencia entre que un producto salga al mercado o no”, concluye de Caso.

Hacia un software inteligente

A modo de reflexión final, más allá de que se han desarrollado novedosas técnicas de razonamiento automático del software, es importante comprender que a veces las computadoras suelen comportarse como “terminales bobas” que no interpretan al programador ni al contexto. Hacen exactamente lo que dice el programa y no lo que intentó decir el programador, y no pueden compensar los errores sintácticos o semánticos que se cometieron al escribir el programa. Todo esto a diferencia de un humano, quien puede razonar decodificando con inteligencia un texto, aunque esté mal escrito o tenga errores, y puede entenderlo utilizando más información del contexto (ya lo dijo mejor Turing: si una computadora pudiera pensar, ¿cómo podríamos darnos cuenta?).

Si bien la ciencia llegó a la conclusión de que la computadora no puede ser un analizador universal, es decir que no puede haber programas genéricos que resuelvan todos los problemas con la misma fórmula, esto no significa que no haya analizadores particulares que se concentren en ciertas áreas de los programas. Claramente, la sofisticación de las herramientas actuales muestra el crecimiento y éxito de los productos de software, especialmente en el ámbito de la industria tecnológica argentina. Es más, se trata de un aspecto de investigación avanzada de los últimos años, que ha eliminado muchas fallas en productos de software, que de haber fallado habrían causado graves problemas ya que, paradójicamente, en ciertas actividades y procesos industriales el ser humano depende cada vez más de los programas informáticos.

Especies invasoras

Hormigas argentinas conquistan el mundo

“Imaginen un soldado del tamaño de un insecto, lo último en armas secretas...”. La frase pertenece a la película Ant-man, en la que se ven fornidos soldados-hormigas manteniendo feroces batallas que ponen en riesgo el planeta. Nada que ver con la vida real. ¿O sí?

Daniela Monti - danielamonti@gmail.com

Un puñado de chaperonas escondidas en la bodega de un barco salió desde Buenos Aires a principios del siglo XX para arribar a la costa europea y fundar la mayor colonia hoy conocida. Se trata de una inmensa población de hormigas que funciona como una unidad cooperativa, a lo largo de 6000 kilómetros desde Génova hasta Galicia. Y este caso no es el único.

Durante los últimos 150 años las hormigas argentinas rompieron todas las barreras y fronteras conocidas. Ya sea de forma natural o ayudadas por los seres humanos, lograron salir de su área nativa para conquistar el mundo y cambiar la vida humana de modo irreversible. La cuenca del Río de la Plata constituye la puerta de salida principal para las hormigas más invasivas del planeta, afirma Luis Calcaterra, investigador del CONICET en la Fundación para el Estudio de Especies Invasivas (FUEDEI) en Hurlingham, Buenos Aires.

En Sudamérica se originó la mayoría de las hormigas invasoras, hasta 1999 más de 40 especies habían logrado salir del continente. Entre ellas, unas cinco migraron desde la Argentina y hoy son conocidas en todos los continentes (excepto Antártida). “Nosotros somos exportadores de hormigas”, manifiesta Calcaterra y explica que las poblaciones introducidas se podrían haber originado en las planicies de inundación de los ríos Paraná y Paraguay de forma natural.

Cinco especies exportadas desde nuestro país son muy conocidas en el mundo por los daños que generan: la hormiga argentina (*Linepithema humile*), la hormiga de fuego roja (*Solenopsis invicta*), la pequeña hormiga de fuego (*Wasmannia auropunctata*), la hormiga de fuego negra (*Solenopsis ritcheri*) y la hormiga cabezona de Sudamérica (*Pheidole obscurithorax*). Las tres primeras se encuentran en la lista de las cien especies exóticas más dañinas para el hombre, según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

Estas criaturas causan daños irreversibles en los ecosistemas afectan, principalmente, a otros insectos y arácnidos, y a otras especies de hormigas. La pequeña hormiga de fuego, además de desplazar a organismos nativos, genera picaduras molestas e incluso puede causar ceguera en animales domésticos (gatos y perros). En las Islas Galápagos, ataca los ojos y la cloaca de las tortugas adultas y se come sus crías. En África Central, afecta los ojos de los elefantes.

La hormiga de fuego roja tiene un impacto devastador. Además de los efectos sobre la biodiversidad, puede lesionar o incluso matar ranas, lagartijas y pequeños mamíferos. Resulta un peligro para la salud humana, su picadura es muy fuerte y puede causar reacciones alérgicas. En Estados Unidos, algunos parques y zonas de recreación son insalubres para los niños por culpa de esta hormiga. Además, afecta las propiedades del suelo y es peste para la agricultura, ya que puede dañar la cosecha, interferir con el equipamiento y picar a los trabajadores en el campo. El daño económico solo en los Estados Unidos se estima en unos 6000 millones de dólares al año.



Solenopsis invicta

Hugo A. Quintero

¿Toda hormiga, un invasor?

Las hormigas viajeras son tan antiguas como el comercio marítimo. Se registran salidas de chaperonas sudamericanas desde la época colonial, y día a día el número de especies transferidas aumenta junto con el intercambio comercial. En la actualidad se conocen unas 14.000 especies de hormigas, de las cuales 250 han sido introducidas en áreas exóticas. Entre estas, se consideran invasoras a aquellas que causan daños ecológicos o económicos. Pero ¿es tan simple como parece lograr una invasión exitosa?

Antes de lograr la conquista, estos organismos sortearán diferentes adversidades. El primer paso es sobrevivir al largo viaje para arribar a nuevas tierras, llenas de promesas, pero también de desafíos. Una vez en el destino, su cuerpo tiene que adaptarse al clima, a enfermedades hasta el momento desconocidas, y a los habitantes nativos del lugar que pueden actuar como competidores o predadores. Si superan todas estas pruebas, entonces deben propagarse y expandirse en el terreno.

De este modo, si las exploradoras encuentran en su destino civilizaciones maduras con organismos preparados para defenderse, les resultará más difícil colonizarlo sin morir en el intento. Mientras que si los nativos no son capaces de enfrentar a los invasores, la posibilidad de una conquista exitosa será mucho mayor. Según Calcaterra, las comunidades ricas en especies altamente competitivas y con otros enemigos naturales, son más resistentes a una invasión.

Más allá de las destrezas de los organismos nativos, nuestras aventureras tienen sus propias estrategias para triunfar en la batalla. En algunos casos, son buenas competidoras, tanto en tierras propias como exóticas. Si la hormiga argentina encuentra un recurso, rápidamente puede comunicárselo a otras obreras. Por su parte, las hormigas de fuego roja y negra son agresivas, y con su potente picadura pueden someter presas o repeler rivales. Sin embargo, otras, como la pequeña hormiga de fuego, son malas competidoras en su tierra natal y en este caso compensan su debilidad ocupando en poco tiempo mucha extensión de territorio. Pero ¿cómo lo logran?

La clave es su tipo de reproducción y la habilidad de formar “supercolonias clonales”, es decir, varios hormigueros que cooperan entre sí, y donde todos sus miembros son idénticos. De este modo, son muy eficientes y pueden optimizar la zona de alimentación. “La pequeña hormiga de fuego logró con la introducción de una sola hembra de Zárate, conquistar todo Israel”, agrega Calcaterra.

Otras hormigas invasoras también comparten esta estrategia. Calcaterra describe en la Reserva Natural Otamendi en Buenos Aires, una supercolonia de la hormiga argentina, que se extiende por 30 cuadradas. Sin embargo, esto no es nada en comparación con el tamaño que pueden alcanzar sus nidos en las zonas que invade: en California una sola de estas construcciones se extiende por 900 kilómetros, casi la distancia entre Buenos Aires y San Rafael, Mendoza; o la ya mencionada supercolonia del litoral europeo de 6000 kilómetros.

La hormiga asesina

“Durante una de mis campañas a Cafayate, un ingeniero agrónomo local me contó muy entusiasmado sobre la hormiga asesina que había encontrado en su viña”, narra Carolina París, docente en el Departamento de Ecología, Genética y Evolución de Exactas-UBA. Según contaba el productor, la asesina ataca los nidos de otras hormigas que son plaga para sus cultivos. “Cuando pude comprobar que se trataba de *Linepithema humile* –la hormiga argentina–, no lo podía creer, nunca me hubiera imaginado encontrarla en un lugar tan seco”, recuerda la bióloga.

La hormiga asesina es muy agresiva y ataca a una de las mayores amenazas para los productores de vid: las hormigas cortadoras de hojas. Por esta razón, su presencia en Cafayate parece ser beneficiosa. Pero hay que tener en cuenta que esta hormiga también establece relaciones con otros organismos, y el resultado no siempre es bueno. Tal es el caso de la cochinilla de la vid, cuya población aumenta en presencia de la hormiga argentina.

La cochinilla de la vid se alimenta de la savia de las plantas y produce secreciones dulces. La hormiga argentina consume estas secreciones y, a cambio, la protege de predadores. Al alimentarse, la cochinilla reduce la cantidad de taninos en las uvas y disminuye la calidad del vino. Según París, en la zona de Cafayate hay poca cochinilla de la vid, pero igualmente constituye un riesgo. Una vez instalada en una región, es muy difícil de sacar, pues es polífaga y puede alimentarse de cualquier tipo de planta.

París afirma que la hormiga argentina en Cafayate está retrocediendo, pero advierte que esta situación puede cambiar en cualquier momento. Las delicadas interacciones entre los organismos pueden modificarse, y provocar que esta hormiga se transforme en un problema para la actividad vitivinícola. En los últimos años se extendieron las zonas cultivadas, lo cual genera corredores que facilitan la dispersión de estas asesinas.



En el caso de la hormiga de fuego roja, la reina pone entre 800 y 2000 huevos por día, un hormiguero solo puede contener más de 400.000 obreras. Así, domina a la mayoría de las fuentes de alimento, tanto en ambientes naturales como en su rango introducido. A esta capacidad se suma la posibilidad de formar colonias por brotación, en este caso una o varias reinas dejan el nido con un cortejo y comienzan uno nuevo, dispersándose rápidamente.

De la mano del hombre

Estas pequeñas criaturas también comparten la habilidad de adaptarse fácilmente a diferentes condiciones climáticas y se ven muy favorecidas por la acción humana sobre los ambientes. Son capaces de sobrevivir en desiertos irrigados por el hombre. Lucila Chifflet, becaria del CONICET en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, desarrolló su tesis doctoral estudiando la pequeña hormiga de fuego. “Lo que más me sorprendió fue que una especie de origen tropical/subtropical pudo introducirse en la región mediterránea de Israel, que es básicamente un desierto”, comenta. Más aún, esta hormiga adquiere sus características invasoras en ambientes antrópicos, pues en ellos tiene la capacidad de formar supercolonias. Según la bióloga en estos sitios las poblaciones pueden crecer muy rápido en relación con otras de hormigas.

La hormiga de fuego roja también presenta una estrecha relación con el hombre y sus actividades. Si bien

prefiere los climas cálidos, puede vivir en zonas frías en instalaciones humanas, como viveros. Y dado que se encuentra en áreas cercanas a fuentes permanentes de agua, como represas, ríos, estanques y contenedores para acuicultura, se dispersa en asociación con las rutas comerciales de las industrias.

Sin prisa, pero sin pausa, estas versátiles criaturas avanzan naturalmente y de la mano del hombre, cada una con sus estrategias. Según Calcaterra, en los casos de la hormiga argentina y la hormiga de fuego, su éxito se explica en parte por la ausencia de competidores fuertes en el nuevo mundo. Mientras que, en el caso de la pequeña hormiga de fuego, se apoya en su capacidad de adaptarse a ambientes muy perturbados, “el comensalismo con el hombre es una de las características que hace a esta especie tan exitosa”, sentencia Chifflet.

Así, durante millones de años, las hormigas argentinas se enfrentaron en Sudamérica con otras especies y fueron mejorando sus estrategias de supervivencia. Esta carrera armamentista terminó transformándolas en superhormigas. Ya sean grandes y fuertes soldados, habilidosas competidoras o silenciosas trabajadoras, todas tienen algo en común. La clave de su éxito está en su historia: entrenadas en un continente hostil y con un poco de ayuda del hombre, son capaces de invadir nuevas tierras donde la ausencia de enemigos les deja el camino libre para conquistarlo todo a su paso.

Energías renovables

Las energías renovables son, desde hace ya muchos años, vistas como el futuro de la producción energética que acompañe un crecimiento con menos contaminación y que dependa menos de recursos que, de a poco, se van extinguiendo.

Sin embargo, ese futuro llega en cuentagotas. A pesar de los avances insoslayables, la generación de energía por medios alternativos no termina de afianzarse. ¿Por qué sucede esto? A partir del análisis del estado del arte de tres tecnologías (para obtener energía solar, eólica y de hidrógeno), buscamos entender hasta dónde llegamos y qué falta para estar más cerca del objetivo de la generación a gran escala de energía renovable.



Energía solar
fotovoltaica

Enchufados al Sol

La solar es una energía renovable y limpia. Si bien no está disponible las 24 horas del día –el rendimiento de los dispositivos aún es bajo, y alto el costo inicial de instalación–, hoy se busca darle impulso en consonancia con la necesidad de ampliar la matriz energética. Desde la Comisión Nacional de Energía Atómica y la Universidad Nacional de San Martín, se impulsa la instalación de sistemas interconectados a la red en áreas urbanas.

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

Desde su formación, hace unos 5 mil millones de años, la Tierra recibe la luz del Sol, y se espera que lo siga haciendo durante unos 6 mil millones de años más. Esa energía ha moldeado la atmósfera del planeta, y de ella depende la existencia de los seres vivos. De hecho, sin ella las plantas no podrían desarrollarse y crecer. Pero, además, el Sol se ofrece como una fuente de energía eléctrica, renovable y limpia.

“Si bien la penetración de la tecnología solar es aún incipiente como fuente de generación, es la que ha tenido mayor crecimiento en los últimos años, con un promedio de aumento del 50% de la capacidad instalada en el mundo entre 2009 y 2014”, destaca el investigador Juan Pla.

Si bien a nivel global la participación de la energía solar en la matriz eléctrica es aún pequeña, en algunos países es significativa, por ejemplo en Italia, alcanza el 7,9%, en Grecia, el 7,6% y en Alemania, el 7%. En este último país, en momentos pico de generación, el Sol ha llegado a proveer el 50% de la demanda de electricidad; en España, ha alcanzado a cubrir hasta el 42% de la demanda.

En la Argentina, actualmente, menos del 1% del total de la generación de electricidad que se consume se basa en energía renovable, incluyendo solar y eólica.

El Sol no siempre está

La conversión de la energía solar en eléctrica se basa en la generación de una corriente de electrones en un material semiconductor que, en las celdas comerciales actuales, está compuesto principalmente por silicio, y dopado con boro y fósforo. Este fenómeno se denomina efecto fotovoltaico; y el rendimiento del proceso es todavía bajo, del orden del 15 al 20% de la energía que llega, “aunque se han desarrollado tecnologías, que aún no ingresaron en el mercado, que superan esos valores”, aclara Pla. En comparación, los sistemas de ciclo combinado (turbina de gas y turbina de vapor) alcanzan un rendimiento del 70 al 80%.



Por otra parte, el aprovechamiento de la energía solar en horas nocturnas o en períodos de baja insolación requiere de su acumulación previa, por ejemplo, en baterías. No obstante, “en la medida en que los costos de producción bajen y la densidad de las baterías aumente, los sistemas van a ser cada vez más factibles, no solo desde el punto de vista técnico sino también económico”, anticipa Pla.

“La energía solar es intermitente y no está disponible en cualquier momento, como sí lo está un bidón de combustible fósil. Además, no se ha resuelto aún el problema de la acumulación de energía eléctrica, pues las baterías actuales duran poco y tienen un alto costo ambiental, y ello nos lleva a que es imposible aún pensar un abastecimiento eléctrico basado únicamente en renovables”, afirma la licenciada Rosana Aristegui, de la Universidad Nacional de Luján.

Además, la energía solar tiene baja densidad: llega a la superficie de la Tierra con una tasa del orden de 1 kilovatio por metro cuadrado en días despejados, por lo que requiere superficies grandes de paneles solares para cubrir un consumo básico. “Ello depende de la radiación solar en la región, de la eficiencia de los paneles, su ángulo de inclinación, y de si hay un sistema de seguimiento de los paneles (tracking). También influye si se los limpia periódicamente”, explica la investigadora.

La radiación solar no es uniforme en todo el planeta, ni a lo largo del año. En ciertas zonas del noroeste de la Argentina, puede ser un 40% mayor que en la zona pampeana. De manera que en esta última región se necesitaría un 40% más de superficie de colección para obtener la misma energía. “Para generar la energía eléctrica que se consume por habitante en promedio en nuestro país se puede necesitar una superficie del orden de 10 metros cuadrados”, detalla Aristegui, y agrega: “Para unas 300 familias, en la zona pampeana, se necesitaría una planta que ocuparía una hectárea o dos”.

En esta nota:

Juan Pla

Investigador del CONICET e integrante del Departamento Energía Solar de la Comisión Nacional de Energía Atómica.

Rosana Aristegui

Directora del grupo Grupo de Estudios de la Radiación (GERSolar), de la Universidad Nacional de Luján.

Julio Durán

Director del Departamento de Energía Solar de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

Una instalación fotovoltaica puede ser autónoma o estar conectada a la red de distribución. En el primer caso, que es fundamental en zonas rurales sin acceso a las redes de distribución, se requiere un sistema de acumulación mediante baterías. De este modo, se almacena en forma de energía química la energía eléctrica no utilizada. Si el sistema está conectado a la red, no necesita batería, y en las horas nocturnas puede emplear la energía de la red.

“Los sistemas conectados a la red se comportan como una pequeña central de generación eléctrica. Cuando hay sol, inyectan energía eléctrica a la red, para que se consuma, sea en el mismo lugar donde se está generando o en otro lado”, explica el doctor Julio Durán, de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

“Desde 2011, junto con la Universidad de San Martín (UNSAM) estamos impulsando el uso de energía fotovoltaica en áreas urbanas, mediante sistemas conectados a la red eléctrica”, informa Durán, que es responsable del proyecto que dio lugar a la creación del consorcio público-privado IRESUD, formado por la CNEA, la UNSAM, y cinco empresas privadas, con el objetivo de ampliar la matriz energética de la Argentina.

Conectados a la red

El sistema conectado a la red se conoce también como generación distribuida, pues la electricidad se genera cerca de los lugares de consumo, lo cual disminuye las pérdidas por transporte. En estos casos, se trata de la red de baja tensión.



Asimismo, una central de energía fotovoltaica podría estar conectada a la red de alta tensión.

Una instalación fotovoltaica domiciliaria puede tener dos kilovatios, producidos mediante ocho paneles solares de 1 metro por 1,60 m. “Con 12 o 15 metros cuadrados se puede generar un porcentaje considerable de lo que se consume en una casa”, detalla Durán. Como el sistema está conectado en paralelo a la red, si en la vivienda se consume menos de lo que se genera, lo que no se usa se inyecta en la red.

Hasta ahora, en la Argentina, estos sistemas de conexión a la red están reglamentados solo en tres provincias: Santa Fe, Mendoza y Salta. “Para instrumentarlos se requiere definir una tarifa, porque si genero energía en mi domicilio, tengo que recibir un pago por ello, que puede ser igual al valor que se paga por usar la energía de la red, pero también puede ser mayor, o menor”, sostiene Durán.

En los países que impulsaron la energía fotovoltaica a través de la tarifa, el precio que se pagaba por la electricidad que los hogares volcaban a la red era más alto que el de la energía que recibían de la red. Por ejemplo, en España, la energía renovable se pagaba 4 o 5 veces el valor de la tarifa común. Se convirtió en una buena inversión y se produjo un crecimiento explosivo, pero luego esa vía desapareció.

Mientras el sistema conectado a la red no esté reglamentado, se puede disponer de un sistema autónomo, no conectado a la red. No obstante, estos son más costosos por la necesidad de contar con baterías, y requieren mayor mantenimiento.

“Una particularidad de los sistemas conectados es que, cuando se corta la red, por razones de seguridad, deben desconectarse de manera automática”, explica Durán.

Respecto del costo de los paneles solares, “en Argentina el mercado es muy reducido”, señala Durán, y agrega: “Un sistema de 2 kilovatios, instalado y puesto en funcionamiento, en Alemania, probablemente cueste alrededor de 3 mil dólares, 1,5 dólar el vatio. En Brasil, el año pasado estaba a 2,50 dólares el vatio, es decir, unos 5 mil dólares el sistema. En Argentina, hace poco, podían pedir 3 o 4 dólares el vatio, unos 6 mil dólares el sistema”.

¿Energía limpia?

Las celdas solares se fabrican con silicio puro al 99,99%. Este se obtiene a partir de la fundición de piedras de cuarzo. Luego se lo purifica mediante procedimientos químicos para obtener el silicio que puede funcionar como semiconductor. Todo este proceso requiere energía, y se estima que un módulo fotovoltaico debe trabajar alrededor de un poco más de un año, según su tecnología, para producir la energía que fue necesaria para su producción.

Los procesos industriales involucrados en la cadena de valor, desde la minería hasta el transporte de bienes y la obra civil, generan emisiones. Es decir, si la energía solar implica algún tipo de contaminación, ésta se produce solo en el proceso de fabricación. “Durante la vida útil de los dispositivos fotovoltaicos, las emisiones son virtualmente inexistentes, de modo que en su amplia mayoría tanto el gasto en energía como la emisión de dióxido de carbono se producen durante la fabricación e instalación”, concluye Pla.

La energía solar hoy constituye una alternativa para ampliar la matriz energética del país. Si bien aún los costos son altos, se espera que en el futuro vayan disminuyendo.



Energía eólica

Vientos electrizantes

La Argentina tiene uno de los recursos eólicos más importantes del mundo, y casi el 70 por ciento de su territorio presenta posibilidades para su aprovechamiento. Pero científicos de Exactas detectaron, en algunas zonas del país, una merma en la velocidad del viento, como ocurre en otros lugares del planeta a las mismas latitudes.

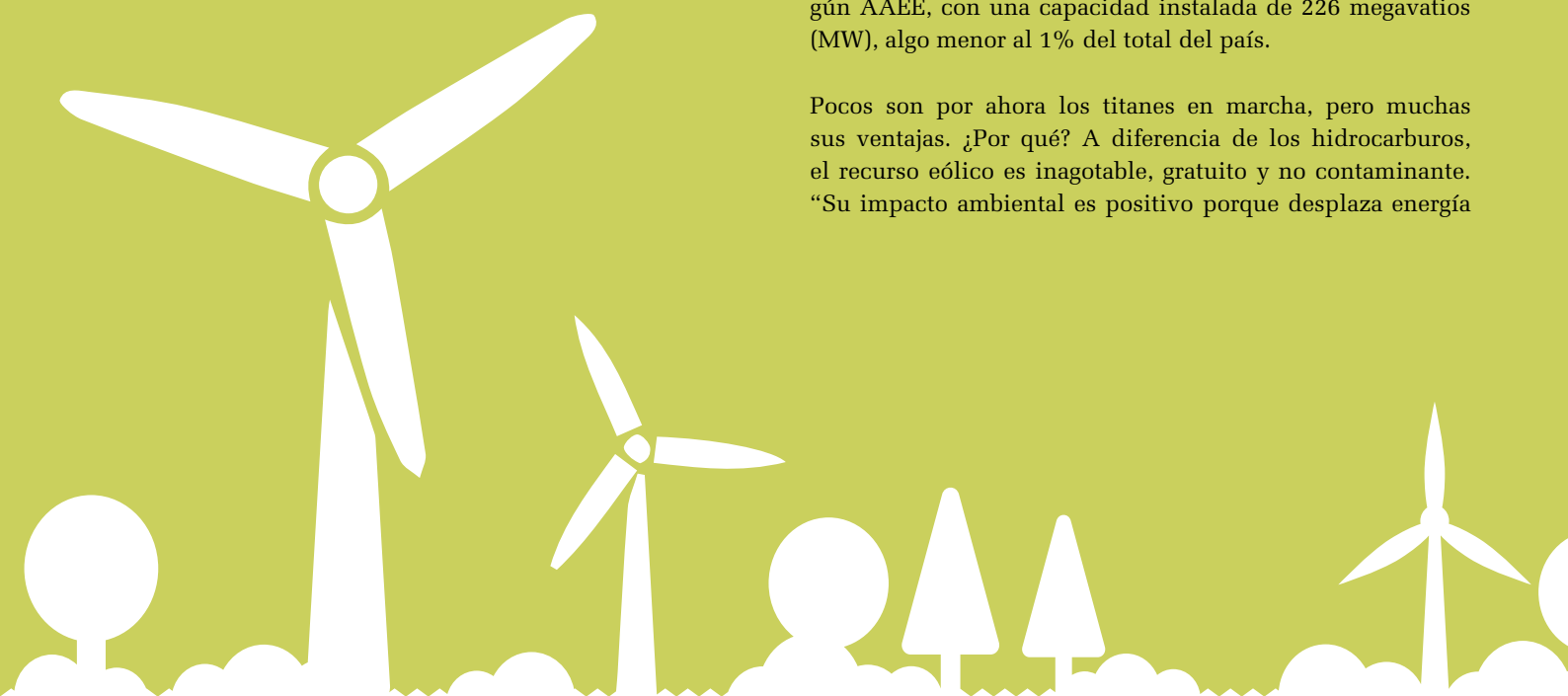
Cecilia Draghi - cdraghi@de.fcen.uba.ar

Gigantes de acero se levantan en el horizonte del planeta. Colosales con sus cien metros de altura, el hombre –diminuto a su lado–, los va sembrando por los campos, y también por los mares, para atrapar el viento e iluminar al mundo con energía eólica. En 2016, la cosecha de estos monstruos alcanzó para abastecer alrededor del 4 % del total del consumo de electricidad a nivel global, según el reporte de la Red de Políticas de Energía Renovable para el siglo XXI (REN21). La idea es ir por más para aprovechar ese aire veloz e invisible que mueve todo a su paso y que, en algunos sitios, derrocha vitalidad.

“La Argentina tiene uno de los recursos eólicos más importantes del mundo”, asegura Mariela Beljansky, experta en bioenergías. “Nuestro país posee un lugar privilegiado en el planeta. El 70 por ciento de nuestra superficie presenta valores aprovechables en materia de generación eoloelectrónica”, subraya el ingeniero Juan Pedro Agüero.

Patagonia, la costa atlántica, las serranías bonaerenses, la región andina como La Rioja son algunos sitios para volar con los pies en la tierra. Justamente allí se encuentran los principales parques eólicos que a marzo de este año contaban, según AAEE, con una capacidad instalada de 226 megavatios (MW), algo menor al 1% del total del país.

Pocos son por ahora los titanes en marcha, pero muchas sus ventajas. ¿Por qué? A diferencia de los hidrocarburos, el recurso eólico es inagotable, gratuito y no contaminante. “Su impacto ambiental es positivo porque desplaza energía



convencional de la red”, dice Beljansky. “No quemás nada, por lo tanto, es una fuente más limpia y renovable”, puntualiza la doctora Bibiana Cerne, meteoróloga de Exactas-UBA. Su empleo disminuye el uso de combustibles fósiles, origen de las emisiones de efecto invernadero que causan el calentamiento global. “Cada megavatio-hora de electricidad generada por el viento, en lugar de por carbón, evita 600 kilos de dióxido de carbono, 1,33 kilos de dióxido de azufre y 1,67 kilos de óxido de nitrógeno”, compara Agüero.

Verde, bien verde, pero de dólar, fue uno de los motivos para que su desarrollo fuera lento en nuestro país, el cual había sido pionero en la materia en Latinoamérica, y ya en 1994 contaba con su primer parque eólico comercial en Chubut. “Básicamente se debe a cuestiones económicas, es decir, si es o no negocio, el hecho de que se desarrolle este tipo de fuentes”, señala Beljansky, y destaca: “En la medida en que la Argentina tenía ciclos combinados de porte operando en base a gas natural a un costo no demasiado oneroso, cualquier energía renovable quedaba con precios más altos”. Algo similar, aunque en sentido opuesto, ocurrió en los 70 cuando el mundo vivió el principio del fin del petróleo barato. Al cuadruplicarse en ese momento el valor del crudo, los países empezaron a mirar alternativas, entre ellas, la eólica. Esto marcó el renacer del viento como fuente energética viable, según el Ministerio de Energía de la Nación.

La sombra del dinero siempre está. “Hay compañías que se presentan en licitaciones para solar y eólica, pero tienen trayectoria en energía térmica, quemando petróleo. Es un adicional de la empresa dedicarse a esto, pero no dejan de hacer la otra. Si no es rentable, las dejarán y seguirán con los hidrocarburos”, señala Cerne.

Sombras intermitentes

Se complica el sistema eléctrico basado en la producción eólica cuando el viento forma ráfagas intensas o, por el contrario, se calma demasiado. “La intermitencia es una de sus desventajas, porque a la demanda se la debe abastecer en todo momento”, indica Beljansky.

La Argentina haría feliz al Dios Eolo pues casi las dos terceras partes de su territorio tienen vientos medios superiores a los 5 metros por segundo, básicos para pensar en un posible uso como fuente de generación eléctrica. El potencial eólico patagónico al sur del paralelo 42 encierra una energía decenas de veces mayor al contenido en toda la producción anual argentina de petróleo, de acuerdo con el Ministerio de Energía de la Nación.

Si bien aún falta seguir recopilando información, Cerne advierte: “Detectamos una disminución progresiva del viento. No sabemos si es un ciclo o una tendencia debido al cambio climático. Estamos recién empezando a estudiarlo; por eso, no podemos afirmar ni una cosa, ni otra”. En tal sentido, Cerne enfocó su atención en esta disminución del viento trabajando en un proyecto junto con la Facultad de Ingeniería de la UBA. “Esta tendencia a la baja o desaceleración del viento promedio –historia– la empezamos a observar en los últimos diez años. Esto ocurre en todo el mundo en las latitudes medias, donde se ubica la Patagonia y sur bonaerense. En el hemisferio Sur se registró en Australia, y algo en Chile”.

Mientras algunos científicos encuentran como responsable de este fenómeno al cambio climático; otros investigadores lo adjudican al cambio en el uso del suelo, que arrasó con bosques o selvas para destinarlos a cultivos. “En algunos lugares, esta variación de la velocidad del viento se registra en tierra firme, pero no en las torres que están en el mar. Si fuera por el cambio climático, ello ocurriría en ambos casos, pero solo en tierra firme si se debiera al cambio en el uso del suelo. En tanto, en algunos países se detecta en los dos lugares. Algunos estudiosos apuntan a un motivo; otros, a otro. Tampoco, faltan quienes postulan que solo se trata de un ciclo”, plantea Cerne, y enseguida asegura: “Hoy lo único que se puede decir es que el viento disminuye, pero no se puede dar la causa”.

Aún a los expertos argentinos les falta reunir información, en especial, registros de velocidad de viento en altura, porque tienen los de superficie, los cuales presentan mayor posibilidad de error. “Estos datos obtenidos en las torres aún no están



disponibles para la comunidad científica, lo cual hace difícil su estudio”, asevera Cerne.

Posibilidades al vuelo

“La regla general es que habitualmente cualquier energía renovable tiene una inversión un poco más alta que la convencional, pero luego es menor el costo de operación, porque el combustible—agua, sol o viento—es gratuito”, indica Beljansky. “Además —agrega Agüero—, un parque eólico puede estar operando en un tiempo menor de dos años, y con un precio de la energía programado para los próximos veinte años”.

Si bien en el país los sitios donde podrían instalarse los molinos no son muy buscados por la agricultura, ganadería o turismo, es decir, hay terreno disponible para su desarrollo, no deben olvidarse algunos costos para el medio ambiente. “Muchas veces las aves pesqueras son muy pesadas y no reaccionan fácilmente cuando se topan con las aspas de un aerogenerador. Por eso, deben instalarse lejos de los humedales, donde las aves anidan”, ejemplifica Beljansky.

No faltan críticas que plantean cierta contaminación sonora o estética, así como el efecto sombra. “Al atardecer, cuando el sol está detrás del molino, se produce el efecto sol, sombra-sol, sombra, que molesta a animales y personas”, describe Cerne. Un análisis en Santa Cruz reveló que 175 de 199 aves podrían ser afectadas por los aerogeneradores, al igual que 15 de las 38 zonas sensibles, por ser áreas naturales protegidas o humedales; además de cinco sitios, considerados reservas arqueológicas y/o paleontológicas. “Se estima que la generación de energía a partir del viento en Santa Cruz permitirá reducir alrededor de 112 millones de toneladas de dióxido de carbono en un período de 20 años”, indica la tesis de Ana Sánchez, dirigida por Cerne y Beljansky. “Su desarrollo —añade— tendrá muchos impactos positivos para el país, es por esta razón que es muy importante compatibilizar estos proyectos con la conservación de los ecosistemas, especies y sobre todo de la avifauna”.

En esta nota

Mariela Beljansky

Ingeniera electricista de la Universidad de Buenos Aires (UBA), profesora de la Maestría Interdisciplinaria de Energía de la UBA

Juan Pedro Agüero

Ingeniero industrial. Investigador y desarrollador de proyectos de la Asociación Argentina de Energía Eólica.

Bibiana Cerne

Doctora en meteorología del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos de Exactas-UBA.

Minimizar los efectos dañinos de los aerogeneradores para aprovechar al máximo sus numerosos beneficios, es el objetivo que ahora suma un ingrediente fundamental. “Hoy, la generación eólica se ha hecho competitiva en relación con la generación térmica convencional en la Argentina”, subraya Beljansky.

“A futuro, encontramos los proyectos adjudicados en las licitaciones del Programa RenovAr Ronda 1 y Ronda 1.5, llevadas a cabo durante 2016 por el Ministerio de Energía y Minería, que totalizan 22 proyectos con una potencia de 1473,4 MW”, contabiliza Agüero, que suma a esto otros siete proyectos en Chubut con un total de 445 MW, contratados este año.

Finalmente, Beljansky subraya el hecho de la saturación de la actual red de transmisión y lo complejo que resulta conseguir consensos para construir nuevas líneas de alta tensión. “Todo el mundo quiere tener electricidad, y los hogares cada vez consumen más, pero nadie desea vivir cerca de una subestación o una línea de transmisión. Entonces, es fundamental que esos grandes parques eólicos existan, y muchos ya tienen contratos. Pero, también es importante habilitar precios diferentes para proyectos de generación eólica distribuida, desarrollados por cooperativas eléctricas o privados, que cuenten con uno, dos o tres aerogeneradores para abastecer la demanda local o de su industria”, concluye.



Hidrógeno

¿Generador de agua?

Porque su combustión produce energía y agua, suele ser idealizado como el “combustible del futuro”. Pero el hidrógeno ya hace bastante tiempo que se está utilizando como vector de energía y, lejos de las aspiraciones ambientalistas, la mayor parte de los millones de toneladas que se producen y consumen anualmente generan dióxido de carbono, un gas de efecto invernadero.

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

Su nombre proviene del griego, y significa “que genera agua”. Es el átomo más simple y, también, el más abundante del universo. Paradójicamente, es el elemento químico más antiguo —se habría formado minutos después del *Big Bang*— y, según parece, es el elemento del futuro.

Se trata del hidrógeno, un átomo muy “sencillo”: en su forma más abundante (99,985 %), está formado tan solo por un protón y un electrón.

Precisamente por su simplicidad, la molécula de hidrógeno (formada por dos átomos de hidrógeno unidos entre sí, y simbolizada como H_2) es el compuesto que contiene más cantidad de energía por unidad de peso. De hecho, un gramo de H_2 puede proporcionar 39 Watt-hora (Wh), en tanto que un gramo de gas natural puede brindar unos 12 Wh.

Por otra parte, la combustión —es decir, la quema en presencia de oxígeno— del H_2 es una reacción química cuyo producto final es el agua, una ventaja ambiental importante si se compara con el resto de los combustibles que, cuando se queman para obtener energía, producen gases tóxicos y de efecto invernadero.

Estas propiedades particulares convirtieron al H_2 en un emblema del futuro, en lo referente a la producción y uso sostenible de energías “limpias” (que no afectan el ambiente).

Pero, a la hora de aprovecharlo, aparece un primer problema: su abundancia universal contrasta con su disponibilidad en nuestro planeta. Porque, a temperatura ambiente, el H_2 es un gas, y es tan liviano que, cuando está libre, se escapa hacia el límite superior de la atmósfera.

“En la Tierra, el hidrógeno prácticamente no se encuentra libre, sino que está unido a innumerables compuestos; principalmente el agua y los hidrocarburos”, explica Horacio Corti.

En consecuencia, a diferencia de los combustibles fósiles, que pueden quemarse directamente para usufructuar su energía, el hidrógeno debe —primero— “extirparse” de los compuestos a los que está unido para —entonces sí— poder utilizarse.

H₂



Es decir, no es una fuente primaria de energía, como el petróleo, el gas o el carbón, sino que es un vector energético, porque transporta energía que proviene de fuentes diversas.

¿Energía limpia?

Por su carácter de vector energético, el H_2 solo puede considerarse “limpio” si para su producción se usan fuentes que no contaminan.

Actualmente, casi todo el H_2 que se produce en el mundo es “sucio”, pues alrededor del 95% se obtiene de combustibles fósiles mediante procesos que emiten dióxido de carbono (CO_2), un gas de efecto invernadero.

El resto se obtiene mayoritariamente a partir de la electrólisis del agua (H_2O), una técnica que permite separar los átomos de hidrógeno de los de oxígeno utilizando energía eléctrica. En este caso, podría hablarse de H_2 “limpio” si esa electricidad fuese generada por fuentes que no contaminan (molinos eólicos o paneles solares, por ejemplo). Pero, todavía, gran parte de la energía eléctrica se genera a partir de la quema de combustibles fósiles.

Otra fuente –relativamente minoritaria– de H_2 es la biomasa (material biológico vivo o muerto). Este método de obtención de H_2 también emite CO_2 como subproducto. Pero, como se trata de CO_2 que originalmente fue atrapado por las plantas mediante la fotosíntesis, el aporte neto de CO_2 a la atmósfera es prácticamente nulo.

“Nosotros producimos hidrógeno a partir de etanol (NdR: alcohol etílico) obtenido de la caña de azúcar”, consigna Miguel Laborde desde la Planta Piloto de producción de hidrógeno a partir de bioetanol, inaugurada en 2007 y situada en Ciudad Universitaria.

En cualquier caso, el proceso de “extirpación” del hidrógeno de los compuestos a los que está unido cuesta bastante energía. Por lo tanto, los métodos para su obtención deben ser suficientemente eficientes como para lograr un balance positivo entre la energía que se gasta y la que se consigue.

En esta nota:

Dr. Horacio Corti

Investigador Superior del CONICET. Grupo de Celdas de Combustible de la Comisión Nacional de Energía Atómica.

Dr. Miguel Laborde

Investigador Principal del CONICET. Director del Instituto de Tecnologías del Hidrógeno y Energías Sostenibles (ITHES).

Gas huido

El H_2 fue pensado originalmente como un sustituto de los combustibles fósiles en los vehículos de transporte. Esto planteó el problema de almacenarlo de manera compacta y liviana.

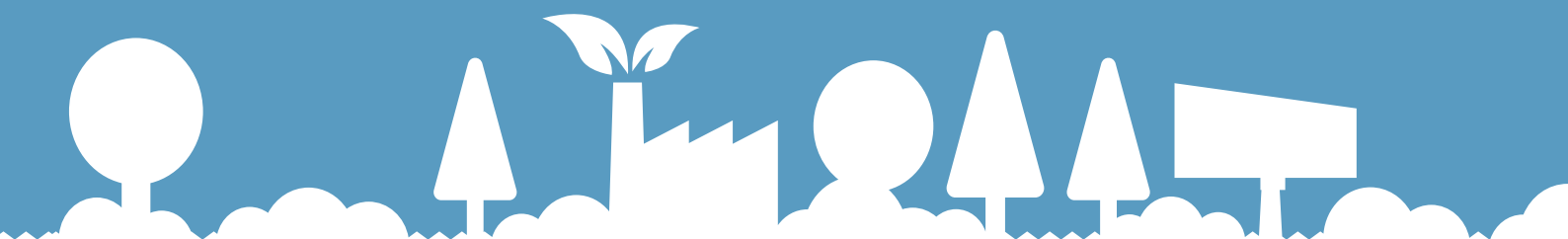
Como tiene un índice de fuga, a través de pequeños orificios, mayor que todos los demás gases, requiere de tanques especiales para guardarlo.

Además, su densidad es muy baja, lo cual significa que para contener una gran masa de H_2 en un espacio pequeño se lo tiene que comprimir a muy altas presiones. También se lo puede guardar como líquido, aunque a temperaturas extremadamente bajas. En ambos casos –comprimir el gas o enfriarlo– se requiere de un aporte significativo de energía.

Los intentos por “apresar” al H_2 de manera eficiente llevaron últimamente a la búsqueda de materiales sólidos que puedan unirlo “transitoriamente” en cantidades relativamente grandes de manera que, cuando se necesite utilizarlo, pueda “liberarse” fácilmente. “Puede ser un método interesante porque sería una forma más segura de almacenamiento, pero todavía está en etapa de investigación”, aclara Corti.

Una vieja novedad

La producción de H_2 no es algo nuevo. En el mundo –incluida la Argentina– se lo utiliza desde hace muchísimo tiempo como materia prima industrial. Por ejemplo, para la refinación de petróleo o la fabricación de fertilizantes, vidrios, productos farmacéuticos o alimentos. La industria resolvió el problema



del transporte del H_2 produciéndolo dentro de sus establecimientos (*in situ*), mayoritariamente a partir de gas natural.

Tampoco es novedoso el uso del H_2 como combustible. De hecho, el primer motor de combustión interna, patentado en 1807, se alimentaba con este gas.

No obstante, quemar el H_2 para obtener energía es un método muy poco eficiente: “Cuando se quema el hidrógeno en una máquina térmica, como un motor, el rendimiento no supera el 30%”, ilustra Corti, y añade: “Una forma más eficiente de utilizar el H_2 es usarlo en una celda de combustible, donde se pueden alcanzar rendimientos de hasta el 80%”.

La celda –también llamada “pila”– de combustible tampoco es una tecnología nueva: fue inventada en 1839. “En la década de 1960 se utilizó en el módulo espacial que llevó al primer hombre a la Luna”, comenta Corti. Se trata de un dispositivo que, mediante la inyección de H_2 y oxígeno, produce agua y energía eléctrica. Es decir, el proceso inverso a la electrolisis descripta anteriormente.

En definitiva, el H_2 como combustible es una realidad desde hace largo tiempo. “La tecnología está. Hoy el problema del hidrógeno como combustible es que, en costos, todavía no compite con los vehículos que usan combustibles fósiles”, indica Corti.

Competencia eléctrica

“Yo creo que el uso a gran escala del hidrógeno como combustible estará destinado fundamentalmente a los medios de transporte pesado, como barcos, camiones, trenes o colectivos”, opina Miguel Laborde, y agrega: “La gran competencia para el hidrógeno como combustible es el auto eléctrico chico, porque un vehículo pequeño no tiene espacio suficiente para almacenar la cantidad de gas necesaria para alcanzar la misma autonomía que brinda una batería”.

Para resolver el problema del almacenamiento del H_2 en los vehículos, las principales marcas de automóviles y ómnibus ensayan diversos sistemas, que combinan distintos tipos de celdas de combustible con diferentes clases de combustible.

En ese camino, la automotriz japonesa Nissan promete para 2020 (en coincidencia con los Juegos Olímpicos de Tokyo) la presentación de un prototipo muy particular. Porque, si bien es un vehículo eléctrico, la electricidad se la proveerá una celda de combustible alimentada con hidrógeno que está

situada en el mismo vehículo. “La idea es espectacular y la toman de la industria, que produce su propio hidrógeno *in situ*”, se entusiasma Laborde.

El científico explica que “en lugar de tener un tanque de hidrógeno a muy alta presión tiene un tanque similar al de la nafta, pero con una mezcla de bioetanol y agua, la cual, dentro del coche y a través de un catalizador, se transforma en hidrógeno y CO_2 . Ese hidrógeno alimenta a una pila de combustible que genera la energía eléctrica que carga la batería que hace mover al vehículo. Por otra parte, como el etanol proviene de biomasa, el efecto final del CO_2 en la atmósfera es neutro”.

Más allá de la industria automotriz, el H_2 como vector de energía también puede aprovecharse para almacenar la energía solar y la energía eólica, en un proceso completamente “limpio”: “Se puede aprovechar la energía del Sol o del viento para producir hidrógeno mediante la electrolisis del agua, y almacenarlo en un tanque. Luego, cuando se necesita, se puede usar con una pila de combustible para generar electricidad”, explica Laborde.

Hidrógeno argentino

El Laboratorio de Procesos Catalíticos de la Facultad de Ingeniería de la UBA, que Laborde integra desde su creación en 1992, es pionero a nivel mundial en las investigaciones dirigidas a obtener hidrógeno a partir de la mezcla etanol-agua (la tecnología que utilizará el auto de Nissan). Sin ir más lejos, en el año 2005, vendió a la empresa española Abengoa un proceso catalítico para producir hidrógeno a partir de alcohol empleando catalizadores existentes en el mercado y, en 2007, creó y patentó un catalizador novedoso que produce hidrógeno a partir de una mezcla etanol-agua.

En 1998 se presentó en sociedad el primer auto argentino a hidrógeno, y en 2005 se inauguró la primera planta de Latinoamérica de producción de hidrógeno a partir de energía eólica en la localidad de Pico Truncado, en Santa Cruz.

En 2006, se aprobó la Ley 26.123 para promover el desarrollo de la tecnología, la producción, el uso y aplicaciones del hidrógeno como combustible y vector de energía. “Nos pidieron a un grupo de especialistas que elaboremos un Plan Nacional de Hidrógeno para usarlo en la reglamentación de la ley” recuerda Laborde. “Trabajamos durante dos años y armamos un Plan con programas de corto, mediano y largo plazo”, dice, y concluye: “La ley nunca se reglamentó”.



Infografía

Algunos datos útiles

Adrián negro - adrian.negro@gmail.com

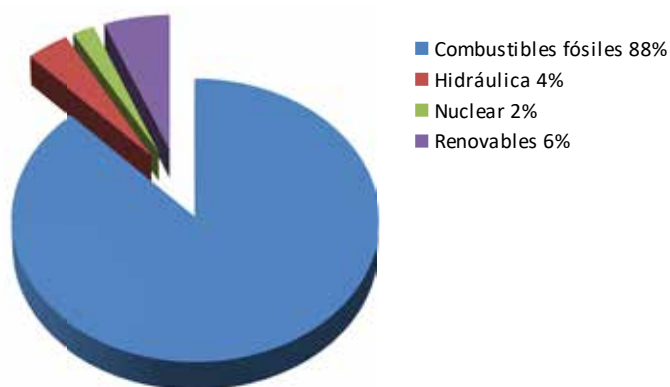
Matriz energética argentina

La matriz energética argentina está dominada por los combustibles fósiles (petróleo y gas, principalmente y, de forma muy marginal, el carbón). Suman el 88% de las fuentes de energía del país. De este porcentaje, el gas es el más importante (53%) y le sigue el petróleo (34%). Por último, el carbón (mineral o de origen fósil, no el vegetal), importante en otros países como China, los Estados Unidos o Alemania, aquí sólo representa un 1%.

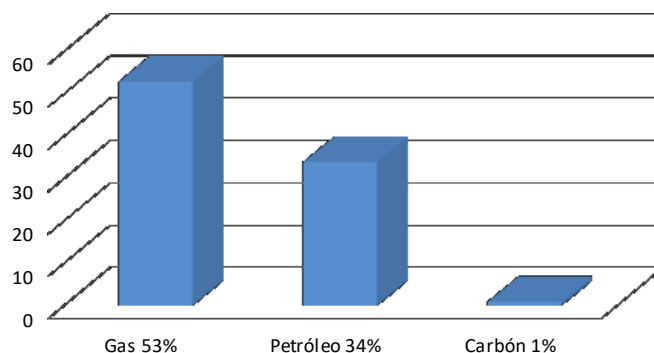
Otras fuentes de energía importantes pero con una participación lógicamente muy inferior en comparación a los combustibles fósiles son la hidráulica (4%) y la nuclear (2%).

Por último, tenemos otro tipo de fuentes, asociadas a las energías renovables: eólica, solar, biomasa. Representan en conjunto el 6% del parque energético total. Dentro de las mismas, la energía eólica es la más desarrollada en el país y la de mayor importancia.

Matriz energética



Distribución del uso de combustibles fósiles

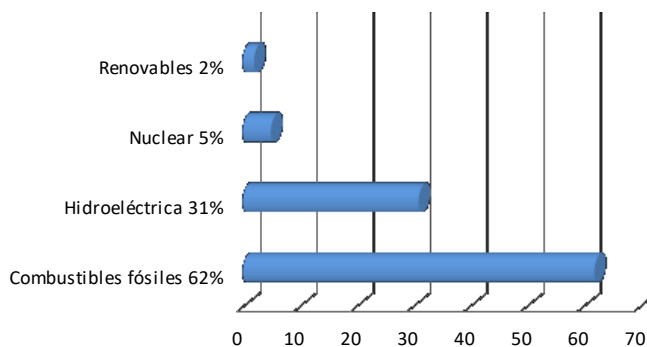


Generación eléctrica

En cuanto a la generación eléctrica, según los últimos datos de CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico), en lo que va del 2017, la potencia instalada total se incrementó en comparación con 2016 en un 5,31%.

El detalle de la conformación del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), durante 2017 es el siguiente:

Generación eléctrica



Fuentes

INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial)

CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico)

<http://cienciahoy.org.ar>

<http://energiasdemipais.educ.ar>

<http://www.telam.com.ar>

<https://www.energiaestrategica.com>

La energía eléctrica en base a fuentes térmicas (asociadas a los combustibles fósiles) representa el 62% del total. Le sigue la hidroeléctrica, con un 31% de participación. La energía nuclear no llega al 5% (4,9). Por último, las energías renovables alcanzaron el 2% (en años anteriores venía siendo del 1,8). Estas, según la definición de la Ley 27.191, incluyen (entre otras) la energía solar, la eólica, el biogás y la hidráulica renovable (generada por centrales hidroeléctricas de hasta 50 MW). Esta última representa más del 60% del aporte de las energías renovables en la MEM. Le sigue la eólica, con un 27% y, en una medida más marginal, la solar y el biogás (1,11% y 2,7%, respectivamente).

En septiembre de 2015 se sancionó la Ley 27.191: Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Se propone alcanzar, para diciembre de 2017, el 8% del consumo de energía eléctrica nacional y, para diciembre de 2025, que las energías renovables representen el 20% de ese total.

A partir de la sanción de esta ley se están licitando diversos proyectos de instalación de parques fotovoltaicos. Uno de los últimos es el que se inició en Jujuy, celebrado como “el mayor parque solar de Latinoamérica”, con una potencia de 300 megavatios. En otras provincias, como en la Rioja, por ejemplo, también se han comenzado a instalar parques solares. Un ejemplo es el Nonogasta, con una potencia de 35 Mw.

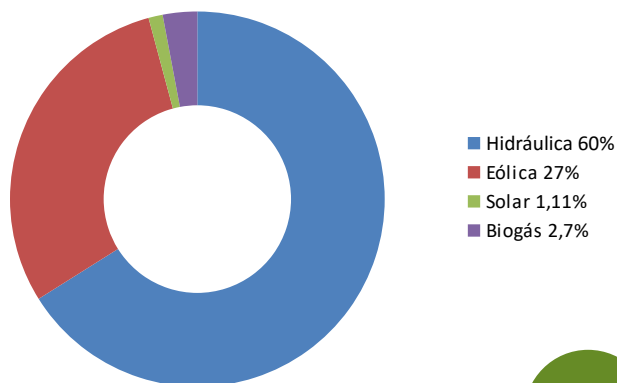
La posibilidad de autosustentarse con energías renovables

La energía solar es la que mejor permite poder autosustentarse el consumo eléctrico, ya que los paneles individuales son mucho más accesibles que otro tipo de tecnología y relativamente fáciles de instalar. Por ejemplo, en los tejados de una casa se pueden instalar diversos paneles en lugares estratégicos adonde llegue el sol. No obstante, la relación entre precio y potencia no resulta ni económica ni accesible.

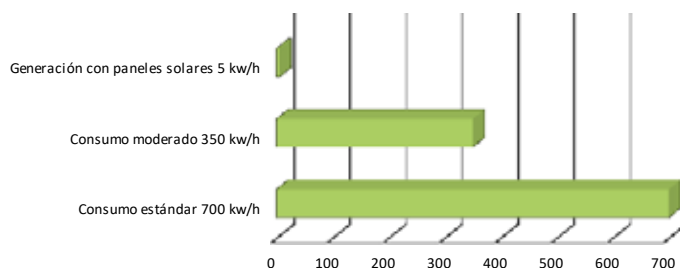
Los paneles solares fotovoltaicos tienen, en promedio, una vida útil de entre 30 y 40 años. Necesitan recibir sol directo en la franja horaria de 10 a 15 horas, ya que es el período en el que el sol se encuentra en su máximo potencial. Se estima que en una casa promedio se utilizan conjuntos de paneles que lleguen a generar entre 2 mil y 5 mil watts (entre 2 y 5 kw).

Hay que considerar que, para los consumos de un hogar, dependerá de la cantidad de Kw/h que esa casa consume. Según la tabla de gasto de electricidad por electrodoméstico publicada por el INTI, se puede estimar un aproximado mensual de consumo. Así, un hogar promedio que utiliza heladera, microondas, aire acondicionado y lavarropa, puede llegar a consumir 700 kw/h mensuales. No obstante, un consumo más moderado, puede significar la mitad, aproximadamente 350 kw/h al mes.

Distribución de las energías renovables



Ejemplo de consumo hogareño y generación por paneles solares





Envoltorio bioplástico hecho
en la Argentina

Films fuera de serie

Yerba, almidón de mandioca, conocimientos científicos, experimentos y más experimentos produjeron una película transparente similar al plástico de los rollos de cocina, que no solo protegen los alimentos, sino que demoran su deterioro. Además, es comestible y se degrada en un par de semanas. Ya ganó premios y espera ser parte de la industria nacional.

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

Fotos: Diana Martinez Llaser

¿Cómo será el mundo en el 2050? ¿Vivir en el futuro será como lo proyecta la ciencia ficción? ¿Los argentinos seguirán tomando mate? Los amantes de esta bebida tradicional de esta parte del planeta no dudan de que así será. Pero ¿cómo?

Por un momento, imaginemos una escena en cualquier cocina espacial, y nacional, del mañana. Habrá yerba, pero encapsulada en finos filmes con la dosis justa para cargar el mate; si se quiere, se rompe la cubierta o, directamente, se coloca el paquete tal como está. Encima se vierte el agua a la temperatura correcta. ¿El sabor? Igual al que tomaban los antepasados, a principios del siglo XXI.

En el Pabellón I de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, los científicos no tienen que esperar al 2050, ellos ya pueden compartir este mate del futuro y esperan hacerlo accesible a la mayor parte del público. Es más,



Los fabricantes del plástico usan la técnica de extrusión y, por este motivo, el equipo centró sus esfuerzos en lograr producir películas de mandioca y yerba con este procedimiento.

su proyecto ganó un importante premio que le permitirá dar un paso más para convertirlo en una realidad cotidiana en la Argentina.

“Estamos avanzando muchísimo. La idea es tratar de llegar a un producto listo para sacar a la calle porque, si bien no somos una empresa, nosotros hacemos física de materiales, y nos gusta desarrollar un artículo cuasi final. Luego, la industria se ocupará de los últimos detalles”, dice entusiasmada la doctora Lucía Famá, desde el Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos, dirigido por la doctora Silvia Goyanes.

Junto con su equipo, ella trabaja en un film, inspirado en uno de los símbolos argentinos, que promete ser fuera de serie. A simple vista, es un envoltorio similar al plástico y a los rollos que se usan hoy para proteger los alimentos, pero en este caso no solo los resguarda de golpes sino que, además, retrasa el deterioro del producto, porque demora su oxidación. Y aún no se ha dicho todo lo que tiene para ofrecer esta cobertura que parece de película. Si se desea, se la puede comer sin peligro alguno. Aún más, el envase posee sus nutrientes. Si esta opción no gusta, y se prefiere desecharlo, el film desaparecerá de la faz de la Tierra en menos de dos semanas, un tiempo menor al de cualquier otro revestimiento equivalente, hecho también de componentes naturales.

En este sentido, los investigadores Carolina Medina Jaramillo, Tommy Gutiérrez, Silvia Goyanes, Celina Bernal y Lucía Famá coincidieron, en la publicación *Carbohydrate Polymers*, en que el extracto de yerba mate “dio lugar a una degradación más rápida de las películas en abono vegetal, asegurando prácticamente su biodegradabilidad completa antes de las dos semanas”.

Verde, bien verde, al ser totalmente amigable con el medio ambiente, este envoltorio bioplástico es el fruto de numerosos estudios científicos, durante muchos años, combinados con recursos que provee la madre tierra. “Se trata de un film transparente formado por gel de almidón de mandioca y extracto de yerba mate, que le da una leve tonalidad y filtra en parte la luz”, describe Famá. A pesar de su muy fino espesor, reúne las características que los científicos estaban buscando desde el comienzo. “La película tiene una permeabilidad tal que no favorece el fácil intercambio con el ambiente de humedad y oxígeno. Ambos elementos afectan mucho a la oxidación y al deterioro del alimento envasado”, explica.

Por un mundo de película

Hoy nadie intentaría ingerir la película con la que se envuelve la comida porque no resulta comestible como

propone esta iniciativa, pero sí es posible contar en el mercado con productos que logran proteger distintos alimentos. “Esto —subraya Famá— es lo que, básicamente, hacen los films de cocina, pero actualmente no son biodegradables porque resulta costosa su obtención”. Aquí radica un punto clave de esta propuesta.

Evitar hacer del planeta un basural, por la acumulación de residuos —en especial plásticos que se degradan muy lentamente y a largo plazo— es una inquietud que quita el sueño a estos investigadores. Mientras algunos icebergs se derriten por el cambio climático, el hombre construye muchos más con desechos plásticos, que a veces flotan, pero también son ingeridos por los habitantes de los mares, o quedan enterrados en las profundidades de los océanos.

Ya en 2015, un estudio publicado en la revista *Science* daba cuenta de que la Argentina estaba entre los 28 países que más contaminan los mares con residuos plásticos. China, Indonesia, Filipinas y Vietnam encabezaban el ranking, que tenía a Estados Unidos en el vigésimo lugar.

Un promedio de ocho millones de toneladas de plástico se vertieron al océano desde 192 países con playa en 2010. “Si se colocara toda esa basura a lo largo de las costas de la Tierra, habría cinco bolsas de compras llenas de plásticos cada 30 centímetros”, dijo Jenna Jambeck, investigadora de la Universidad de Georgia y coautora del estudio. Se estima que en el 2025 se duplicará este lastre arrojado al mar.

Proponer alternativas para detener este tsunami de contaminación plástica elaborada con hidrocarburos fue uno de los objetivos de los científicos en Argentina. Es así que las investigadoras destacan: “La reducción del impacto ambiental mediante el uso de polímeros biodegradables en la industria alimentaria es hoy una alternativa para eliminar los envases del petróleo”.



El film es biodegradable ciento por ciento. Está hecho de almidón de mandioca y yerba, materias primas que resultan nutritivas y fáciles de adquirir en nuestro país a bajo costo.

Es por acá

Desde hace varios años, el equipo buscaba desenvolver la madeja de problemas que genera la comercialización de alimentos perecederos. Estos, al cabo de los días, pierden su aspecto atractivo y hasta pueden resultar peligrosos para la salud. La oxidación es ese mecanismo químico de reacciones que genera algunos de estos efectos indeseables. Contrarrestarla era un desafío a sortear.

“La yerba mate nos llamó la atención porque son bien conocidas sus características de prevenir la oxidación, es decir, es antioxidante; y además tiene nutrientes”, relata Famá.

Pero esta propiedad antioxidante de la yerba mate, si bien entusiasmaba a los investigadores, no indicaba que permaneciera o funcionara en el film a diseñar. Eso era algo a probar. “Cuando vimos que el efecto antioxidante seguía al ser colocado en la película, dijimos: ¡Ya está!”. La alegría no terminó allí. “Cuando, además, observamos que se podía sellar, contener el alimento y podría servir para mejorar el producto fue una gran noticia”, agrega.

Otra buena nueva es que “la yerba no transfiere su gusto al producto que ayuda a envolver porque es usado en muy bajas concentraciones, diluido con agua”, explica Famá, del departamento de Física, IFIBA-CONICET de Exactas,

que participó del estudio junto con la Facultad de Ingeniería de la UBA. La idea es que esta película sirva para proteger todo tipo de alimentos, y que no contamine con su sabor. Aun en el caso de que el producto a envolver sea yerba, tampoco influye en intensificar ni alterar sus características.

“El film es biodegradable ciento por ciento, al estar hecho de almidón de mandioca y yerba, que resultan nutritivos y fáciles de adquirir en nuestro país a bajo costo”, destaca Famá, con muestras de los films en sus manos, y sin dejar de enumerar sus virtudes: “Si el envoltorio es tirado (incorrectamente) a un parque, se degradará en cuestión de semanas, y si un pájaro o cualquier animal lo come, no se indigestará. No se producirían todos esos problemas que sí suceden con las bolsas plásticas en los mares o en el suelo —que pueden llegar a ahorcar o asfixiar a las aves—”.

En serie

¿Cómo lograr que este film pase a ser producido en serie? Es la pregunta del millón, aunque en realidad la respuesta es más económica. Según los cálculos iniciales, un rollo de 40 centímetros de ancho por un metro de largo, hecho de modo artesanal, costaría casi un dólar (17 pesos al día de hoy). Abaratar los costos para la producción a gran escala es el paso en marcha.

“La idea —anticipa— es que la industria de envases utilice sus mismas maquinarias y la metodología existente para poder producir estos envoltorios. Solo debe reemplazar por los nuestros los insumos que hoy emplea”. Los fabricantes del plástico usan la técnica de extrusión y, por este motivo, el equipo centró sus esfuerzos en lograr producir películas de mandioca y yerba con este procedimiento. “Luego de obtener los filmes por la técnica de extrusión, formamos los envases por termosellado, es decir calor y presión funden parte de dos películas en contacto, y así quedan selladas”, indica.

En medio de tanto trabajo, a fines de 2016 el equipo, dirigido por la doctora Goyanes y codirigido por la doctora Famá, obtuvo la distinción UBATEC a la innovación e investigación aplicada que otorga la UBA, entre otras entidades. El dinero que forma parte del galardón ya fue destinado a comprar maquinarias para producir envases a mayor escala. “El premio fue de 200 mil pesos —precisa— y nos permitió comprar uno de los accesorios que queríamos. Ya estamos terminando de colocar una sopladora para desarrollar bolsas a partir de estos materiales para que sea aplicable a la industria. Nuestro proyecto ahora es poder transferirlo a escala de producción nacional”.



Física y filosofía

El presente y nada más

Una noche estrellada en el campamento a fines de la década de 1970. El fogón panóptico crepita. La guitarra no está afinada y aparece el: "Una que sepamos todos". Gargantas a tope:

*Cuanta verdad hay en vivir
Solamente
el momento
en que estás
sí, el presente...
el presente y nada más*

Vox Dei. Presente (El momento en que estás)

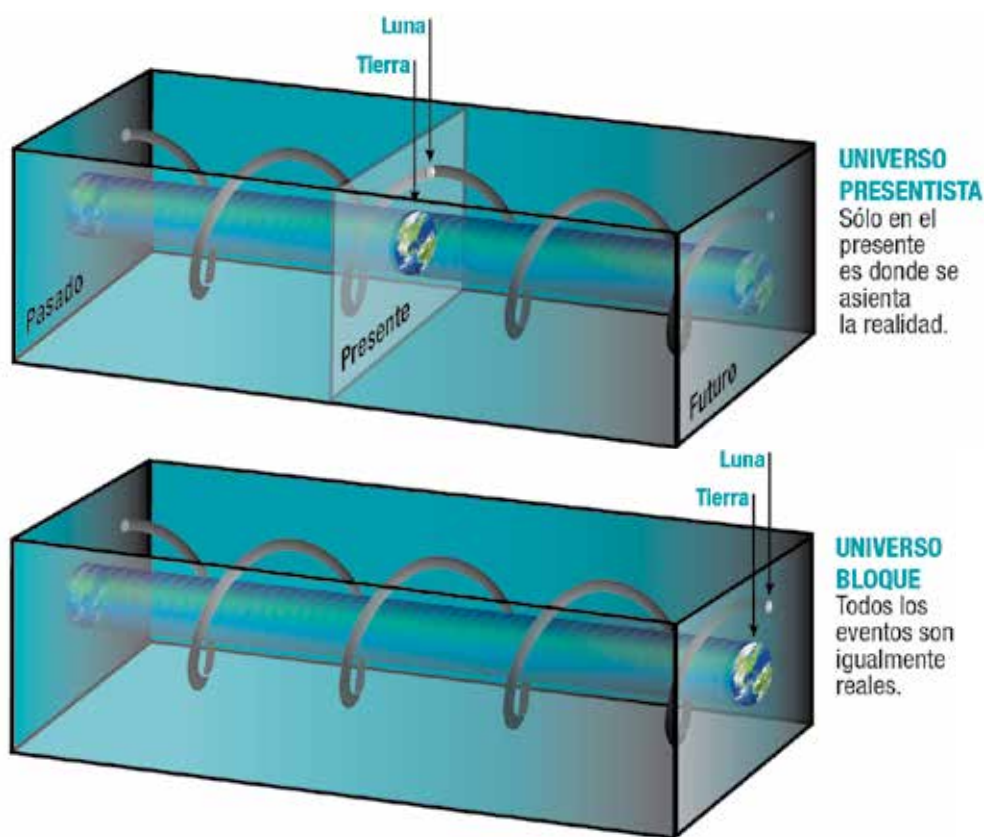
Si Ricardo Soulé, guitarrista de Vox Dei, hubiera estudiado Teoría General de la Relatividad (TGR) como Brian May, guitarrista de Queen, habría sabido que el presente podría ser solo una ilusión neurológica. Pero entonces, ¿la vida no fluiría a través de la membrana del presente? Las presuntivas aguas del tiempo borgeanas, ¿no correrían? La sensación humana de acumulación de pasado ¿no lo confirmaría? Quizás, no.

Entre los dos eventos del espaciotiempo dados por el corte del cordón umbilical y por la última señal peritánática que recorre algunos axones, la vida sería un hipervolumen o bloque similar a un silobolsa de cuatro dimensiones con todos nuestros eventos pasados, presentes y futuros bien determinados en su interior.

¿Vemos Australia? No, pero Australia está con solo navegar a oriente. ¿Vemos a Pedro de Mendoza fundando Buenos Aires? No, pero Pedro de Mendoza está enarbolando su espada a orillas del Río de la Plata. ¿Vemos al Sol en su próximo solsticio? No, pero el Sol está ahí pasando lentamente. Todo está guardado en el silobolsa cuádrimencional. *Universo Bloque o Eternalismo* de este lado de la grieta.

Universo presentista vs. Universo bloque

Representación del espaciotiempo en los modelos de Universo Presentista y Universo Bloque.



Tibia mañana nublada en Waterloo (Canadá). Junio de 2016. Organizado por el Instituto Perimeter de Física Teórica, sesenta físicos junto a algunos filósofos y otros científicos se reúnen con el solo propósito de testear a fondo la distinción entre pasado, presente y futuro, la presunta unidireccionalidad del tiempo, su carácter fundamental o emergente y nuestra percepción de flujo temporal frente a la contundente inmutabilidad del universo que prescribe la TGR. Según relata el blog *Quanta Magazine* de julio de 2016, uno de los asistentes –Akshalom Elitzur, físico y filósofo de la Universidad de Bar-Ilán (Israel)– exclamó: “¡Estoy cansado del Eternalismo! No creo que el próximo jueves tenga el mismo estatus que este jueves. El futuro no existe. ¡No es así! El próximo jueves no está allí”. Así habla el *Presentismo*, al otro lado de la grieta.

A bloquear mi amor, vamos a bloquear mi amor

Gustavo Esteban Romero, profesor de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de la Plata e Investigador Científico del CONICET en el Instituto Argentino de

Radioastronomía, no solo es uno de los físicos más importantes de Argentina sino, además, experto en filosofía de la ciencia. El 30 de septiembre de 2015, en el Seminario de Filosofía de la Ciencia de Exactas-UBA, a cargo de Mario Bunge, en su presentación “Einstein y la metafísica del tiempo”, Romero introdujo: “Para Aristóteles, el tiempo era una medida del movimiento”. En contraste, para Platón el tiempo no tenía que ver con el mundo sensible de la transformación sino con el mundo abstracto, perfecto, eterno e incorruptible de las ideas. Una mera y finísima sombra de la eternidad. Para la época en que Einstein comienza a sacudir las ideas previas de espacio y de tiempo ese debate de 2300 años adoptó la forma de puja entre dos posiciones filosóficas: *relacionismo* versus *substancialismo*.

En el *relacionismo*, el tiempo surge de las relaciones espaciales entre las cosas y las temporales entre sus cambios. En el *substancialismo*, el espacio y el tiempo existen de manera independiente de las cosas y gozan de materialidad propia. Romero agrega a esa puja –por completitud histórica– al *idealismo* kantiano para el cual el espacio y el tiempo solo son proyecciones en las

mentes de los sujetos. Imagen esta que Einstein y su geometría no euclidiana, derrumbaron sin piedad.

Específicamente sobre la noción de tiempo, de la controversia anterior se desprenden dos posturas: una *atemporal* para la cual pasado, presente y futuro existen concretamente, y otra *temporal* que privilegia al presente como entidad dominante.

Romero profundiza: “En la actual postura llamada *Eternalismo* o *Universo Bloque* existen momentos presentes, pasados y futuros o –en la jerga filocientífica– *eventos*. Estos eventos forman una hipersuperficie o *bloque* cuadridimensional del espaciotiempo y están ordenados por relaciones anteriores, posteriores o simultáneas entre sí que son inmutables. En realidad, la razón por la que no pueden cambiar es que el tiempo es una de las cuatro dimensiones del bloque. En el *eternalismo* el espaciotiempo es una entidad emergente del sistema de todas las cosas y no cambia; solo las cosas cambian. Antitéticamente, en el *Presentismo*, solo los eventos que tienen lugar en el presente son reales y el espaciotiempo es solo una ficción útil”.

Causalidades

En el espacio ordinario de tres dimensiones, la geometría indica cómo se calcula la distancia entre dos puntos cualesquiera. Sin embargo, los espaciotiempos de la Teoría Especial y General de la Relatividad no se construyen con el simple agregado de una cuarta coordenada espacial. La cuarta componente incluye al parámetro temporal de una manera muy especial. De este modo, las nuevas distancias entre puntos o *eventos* en ese nuevo espacio cuádrimen-sional consisten en una mezcla particular de coordenadas espaciales y temporales que incluyen a la constante dada por la velocidad de la luz y a coeficientes geométricos. Esto determina que los cuadrados de estas distancias puedan ser positivos, negativos o nulos, y así los puntos, entre los que se calculan las mismas se llaman –en la jerga relativista– separados de forma espacial, separados de forma temporal o separados de forma nula respectivamente. Esta clasificación agota todas las posibles relaciones causales entre eventos.

En el caso positivo, la distancia que separa ambos eventos es menor que la que recorre un rayo de luz en el tiempo que transcurre entre el primero y el segundo; por lo tanto, un cuerpo masivo viajando a la velocidad necesaria podría conectar el primer evento con el segundo. El segundo evento está en el futuro o en el pasado del primero. Ejemplo: eventos que están ambos a un mismo tiempo pero en lugares diferentes.

En el caso negativo, la distancia que separa ambos eventos no puede ser cubierta por ningún cuerpo masivo ni por un rayo de luz en el tiempo que separa al primero del segundo, por lo tanto es imposible que el segundo evento esté conectado causalmente con el primero. Ejemplo: eventos que están en un mismo lugar pero en tiempos diferentes.

Los puntos separados de forma nula son aquellos que solamente pueden conectarse entre sí por rayos de luz.

La distancia entre eventos del espaciotiempo es inmutable. O sea, la existencia o no de conexión causal entre un evento y otro no depende del sistema de referencia desde donde se describan los fenómenos. Si bien los intervalos temporales y las distancias espaciales entre eventos dependen del sistema de referencia considerado, la causalidad no es relativa sino absoluta.

Todo es relativo: no. Algunas cosas son invariantes: sí. ¿Mejor hubiera sido llamar Teoría de la Invariancia a la Teoría de la Relatividad?

Un dato fáctico: en 2015 fueron detectadas experimentalmente las ondas gravitatorias predichas por Einstein cien años antes. “Las ondas gravitatorias demandan que el espaciotiempo se curve de una manera muy precisa, dictada por la TGR y, no solo eso, la curvatura del espaciotiempo en ausencia de materia solo es compatible con un número de dimensiones mayores o iguales a cuatro. Luego, considerando que el *Presentismo* es incompatible con un mundo cuádrimen-sional, ya que en él no existen eventos en el pasado o en el futuro, el *Presentismo* es falso”,

concluye contundente Romero. Las ecuaciones no mienten. Jaque mate.

En la TGR los eventos pueden ser de tres tipos: *nulos*, de *tipo temporal* y de *tipo espacial* (ver recuadro *Causalidades*). En los dos primeros los eventos pueden –aunque no es necesario– tener un orden causal que no puede revertirse pero en el tercero no existe ningún tipo de ordenamiento temporal. Eventos que son pasado y futuro en un sistema de referencia pueden ser simultáneos en otro. “Si alguien postula que un par de eventos de tipo espacial son presente, debe necesariamente aceptar que hay

pasado y futuro, o negar que la existencia es invariante frente a las transformaciones de coordenadas de sistemas de referencia, lo cual suena difícil de aceptar”, explica Romero y agrega: “La existencia de eventos pasados y futuros es una implicación del *substancialismo*: cualquier *substancialismo* consistente debe ser eternalista; la inversa no es cierta.” La existencia de eventos de tipo espacial no puede ser soslayada por un presentista, pues es la manera en que el presente se propaga como hipersuperficie de este tipo de eventos. Para un eternalista, contrariamente, no hay nada dinámico ligado al presente, que es solo una propiedad relacional local. Cada evento es presente para personas ubicadas en ese momento y en esa locación, pero el mismo evento a su vez es futuro o pasado para observadores ubicados en el pasado o en el futuro de ese evento. No existe un *presentismo* intrínseco asociado a los eventos individuales. Para el eternalista todos los eventos están en pie de igualdad.

El presentista podría objetar que *eternalismo* implica *fatalismo* o la muerte del *libre albedrío*: el futuro ya está escrito. Sin embargo, “el universo presentista puede ser tan fijo, en relación al futuro, como en el universo bloque eternalista”, explica Romero. Esto es así debido a que la inevitabilidad de una ocurrencia depende del carácter de las leyes físicas. Romero agrega: “Si las leyes son deterministas, el futuro del presentista puede ser hoy inexistente, pero necesariamente existirá. Luego el argumento solo puede funcionar si el presentista demuestra que el *determinismo* no existe”. Recurrir a argumentos de la mecánica cuántica tampoco ayuda a los presentistas por cuestiones extremadamente técnicas de detallar. Buen intento presentista, pero fallido.

En su libro de divulgación *¿Es posible viajar en el tiempo?*, Gustavo Romero abunda: “El presente no se trata ciertamente de algo que esté en las ecuaciones que representan las leyes de la física que describen los procesos que sufren las cosas. Las únicas relaciones objetivas entre ciertos eventos de las cosas son las de *anterior a*, *posterior a* y *simultáneo con*. El presente, no es una

La ilusión del presente



La vida humana esquematizada como bloque temporal

propiedad de las cosas, no es una cosa, sino una relación entre eventos y un estado de conciencia que la registra. Algo así como un color, un aroma, o una pena que la conciencia humana percibe”.

Otro embate del *presentismo* contra el *eternalismo* podría ser la falta de sensación humana de flujo del tiempo. “La respuesta está en las neurociencias: el flujo del tiempo es una construcción resultante del ordenamiento de los procesos cerebrales”, opina Romero. “La imagen del tiempo como fluido es meramente metafórica y tiene su origen en la observación de procesos, sucesiones de cambios o eventos, que son irreversibles. Tiempo y cambio están íntimamente relacionados. El tiempo es una propiedad emergente de un sistema de cosas cambiantes. Decir que las cosas cambian significa que sus propiedades no son las mismas en distintos puntos del espaciotiempo, esto es, del sistema de todos los eventos”, detalla Romero y metaforiza: “Nuestra propia vida es una sucesión de eventos, es una trayectoria,

un camino en el espaciotiempo. Todos los momentos de ese camino existen y tienen un cierto ordenamiento. A cada uno corresponde un cierto estado cerebral o de conciencia. Como los estados posteriores incluyen registro de los anteriores, el todo nos parece sucesivo a cada instante. Pero no es dinámico ni puede serlo. Dinámico es lo que cambia respecto del tiempo. Y si el tiempo es una dimensión del camino, no hay nada respecto a lo que este cambie. El cambio es intrínseco al espaciotiempo, pero el espaciotiempo mismo no puede cambiar”.

Viuda e hijas del presentismo

Mientras tanto, en Waterloo, dolidos lamentos se escucharon por la aparente agonía del presente. “Hoy el futuro no es real y no puede haber hechos definitivos que tengan que ver con el futuro”, advirtió el polémico físico Lee Smolin desatando el debate.

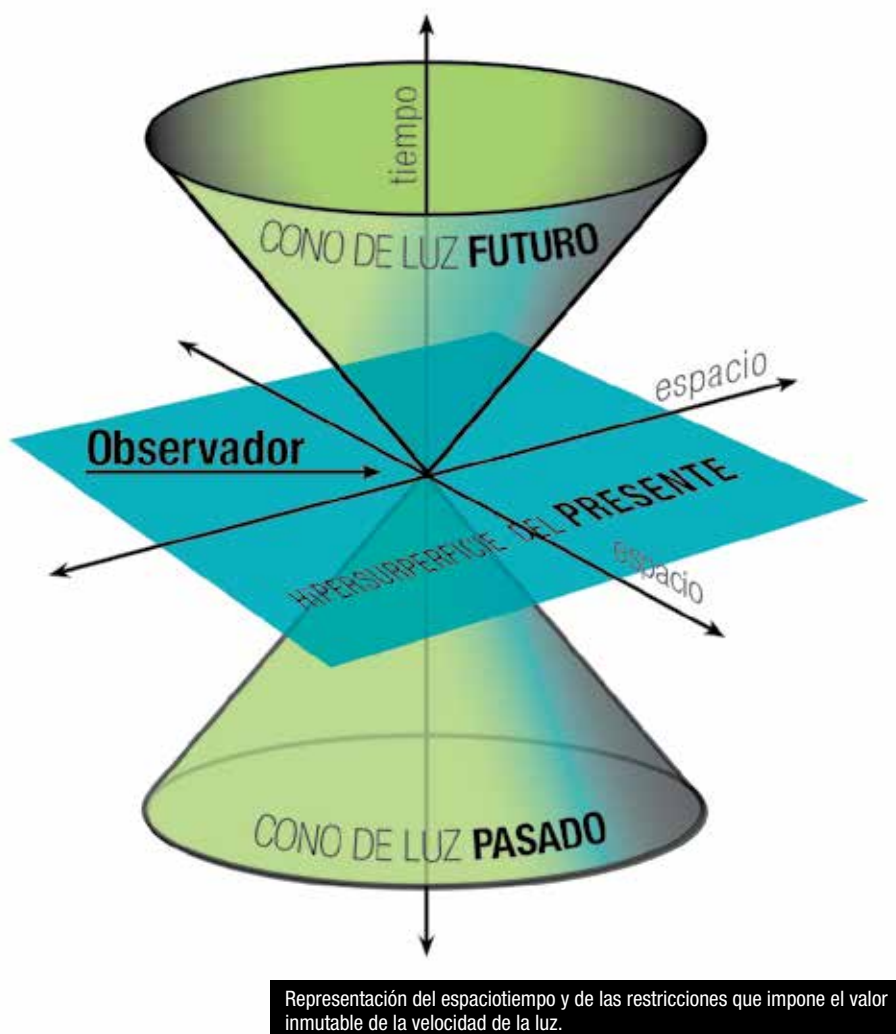
Si las tazas de café se rompen, su contenido se desparrama y nunca se ve lo contrario –pese a que las leyes de la dinámica determinista son temporalmente reversibles– entonces habría una clara direccionalidad en el devenir del mundo. En términos termodinámicos: la (famosa) entropía siempre crece. Para salvar esta aparente contradicción, los físicos postularon que debió haber habido una condición primigenia muy fuerte: el universo nació con bajísima entropía. De ahí en más, cada huevo que hoy pasa al estado frito –y que *nunca* pasa al revés– se lo debemos a la baja entropía del Big Bang hace 13.700 millones de años. Marina Cortés, cosmóloga del Observatorio Real de Edimburgo (Escocia) sostiene: “Si cada vez que no entendemos bien algo se lo adjudicamos a las condiciones iniciales del Universo es como poner más basura debajo de la alfombra”. Sin embargo, algunos le respondieron que las teorías físicas no deben explicar porqué las condiciones iniciales son como son.

Pero, ¿pueden los físicos explicar la flecha del tiempo sin necesidad de semejante condición inicial? Tim Koslowski, un físico de la Universidad Autónoma de México responde: “La mismísima gravedad es la que esencialmente elimina la necesidad de la hipótesis del pasado”. En sus modelos, Koslowski demostró que miles de partículas, solo sometidas a las leyes de la gravitación newtoniana, evolucionan de manera de contener un momento de máxima densidad y mínima complejidad. “Gravedad mediante, nosotros hemos evolucionado –respecto a ese punto– a un estado menos denso y más complejo, que es lo que vemos como nuestro pasado”, explica Koslowski. Un universo cada vez más



Vox Dei. la banda de rock grabó a fines de la década de 1960 el tema *Presente* (El momento en que estás).

Cono de luz



complejo implica más información guardada en diversos tipos de registro, desde los fósiles hasta las memorias de los teléfonos celulares o los propios cerebros. “Por eso recordamos el pasado y no el futuro”, sentencia Koslowski.

Un intento por suavizar al *eternalismo* se esbozó en la variante del llamado *Universo Bloque Creciente* del legendario físico George Ellis de la Universidad de Ciudad del Cabo (Sudáfrica). En este modelo, los eventos pasados y presentes efectivamente existen, pero los futuros no. En la interpretación de Romero, la realidad sería un bloque cuatridimensional creciente donde los eventos se van acumulando en el presente y luego en el pasado, pero provenientes de la no-existencia. “La frontera móvil de ese bloque –o el futuro– es el siempre cambiante presente”, explica Ellis. Sin embargo, en las escalas cuánticas esta formulación podría hacer agua, admite el propio Ellis.

Sobre el tiempo y las escalas inimaginablemente pequeñas del mundo cuántico, opinó en Waterloo el renombrado físico Rafael Sorkin de la Universidad de Siracusa (Nueva York, Estados Unidos). En su modelo –en la jerga especializada– de *causets*, Sorkin intenta reconciliar la TGR con la Mecánica cuántica por medio de la idea de las unidades elementales –o *átomos*– de espaciotiempo. El conjunto de esos *átomos* darían lugar, en forma dinámica, a todo el volumen espacial y su secuencia al tiempo. Fay Dowker, una física del Imperial College (Londres, Inglaterra), acerca de la característica no estática de los *causets*, opina: “Este modelo le aporta *el porvenir* al *eternalismo* de la TGR”.

Muchacha (ojos de lince)

Según el periodista científico Dan Falk (*Quanta Magazine*), en la reunión de Waterloo, la más novedosa

defensa del *eternalismo* la dio una filósofa. Cuando la mayoría de los físicos hacían una esforzada terapia de aceptación del *eternalismo*, Jenann Ismael de la Universidad de Arizona (Estados Unidos) describió la manera en la que las leyes convencionales de la física pueden suplementarse con las ciencias cognitivas y la psicología para incluir al flujo del tiempo. En su esquema, el ser humano solo percibe intervalos finitos de tiempo, los cuales conforman su experiencia, mientras recorre su curva vital embebida en el bloque espaciotemporal. Ese movimiento relativo del sistema de referencia personal respecto al bloque, estaría emparentado con la experiencia humana del paso del tiempo. “¡Me quiero pegar la cabeza contra la pared!”, exclamó Elitzur y agregó: “entonces el pronóstico meteorológico del próximo jueves es simultáneamente verdadero y falso”. Ismael, muy preparada para contestar este tipo de exabruptos, respondió: “Los eventos futuros existen, solo que no existen *ahora*. El *eternalismo* no es una pintura cambiante sino una pintura del cambio. Este es un momento –y sé que muchos van a odiar escuchar esto– en el cual la física se puede hacer con algo de filosofía. Y, para los interesados en leer más, recomiendo a Aristóteles...”.

Rasguña las piedras filosóficas

Gustavo Esteban Romero hace física con filosofía y leyó a Aristóteles. “De nuevo, *el ahora* que parece enlazar el pasado con el futuro, ¿siempre se mantiene uno y el mismo o es siempre otro y otro? Difícil decidir”, reflexionaba el ilustre macedonio que influyó, nada menos, en los dos milenios que lo sucedieron. “Lo que llamamos *el presente* es una cualidad secundaria emergente que proviene de la interacción de los individuos con percepción autoconsciente y su entorno”, casi que le contestaría hoy Romero al macedonio.

Al decir de Mario Bunge, del mismo modo que los humanos no perciben

el espacio sino las relaciones espaciales entre las cosas, tampoco perciben el tiempo sino los cambios en las cosas o eventos. Y el tiempo no es una cosa. De esta forma, no hay percepción del paso del tiempo sino autopercepción de cómo cambia el cerebro. “Lo que llamamos presente no está en el mundo sino que emerge de nuestra interacción con él”, explica Romero. Según algunos trabajos neurocientíficos, la construcción del presente se basaría en la no instantaneidad de la percepción.

Romero lo puntualiza: “El presente es la clase de todos los eventos simultáneos con un dado estado del cerebro”. Para cada estado cerebral hay un correspondiente presente y cada individuo no necesita ser consciente de todos los eventos que forman el presente. En este esquema hay varios presentes.

La clase de eventos locales que están causalmente conectados a un dado estado cerebral definen el concepto de *presente psicológico*. Por su parte, el *presente aparente* es la longitud del intervalo temporal de los procesos cerebrales necesarios para integrar todos los eventos locales que están, física o causalmente, relacionados con un estado

cerebral determinado. En este caso, diferentes cerebros puedan tener diferentes presentes aparentes e incluso evocar el futuro, como teoriza el renombrado físico de la Universidad de California en Santa Bárbara (Estados Unidos) Jim Hartle, para modelos computacionales de acumulación de información y sistemas utilitarios; o sea, parecidos a seres humanos. Finalmente, el *presente físico*, concepto definido como la clase de eventos que pertenecen a una hiper superficie de tipo espacial (ver recuadro *Causalidades*) en una suave y continua división en cortes de un espaciotiempo temporalmente orientable. “Cada hipersuperficie corresponde a un tiempo diferente y ninguna de ellas es un presente absoluto *moviéndose* hacia el futuro”, explica Romero y concluye: “denominar *futuro* al conjunto de superficies en la dirección opuesta a la del llamado Big Bang es puramente convencional”.

Hoy por hoy, eternalismo y algo más

El presente no se mueve ni fluye. Solo los individuos materiales y sus cerebros pueden cambiar y moverse. En palabras de Romero, el porvenir no es una propiedad de los eventos físicos sino de la



Para ver y leer más

¿Es posible viajar en el tiempo? de Gustavo Romero (Buenos Aires, Ediciones Kaicon: 2010).

A Debate Over the Physics of Time de Philip Cheung, publicado en Quanta Magazine. <https://www.quantamagazine.org/20160719-time-and-cosmology/>

Einstein y La Metafísica del Tiempo. Video de la charla de Gustavo Romero en Exactas-UBA, presentado por Mario Bunge.

<https://www.youtube.com/watch?v=Vo9jQuu6P00>

Gravitación de Susana Landa y Claudio Simeone. Libro de descarga gratuita publicado por el INET, en la colección Las Ciencias Naturales y la Matemática.

conciencia de los mismos o, de otra manera, es la serie de estados de la conciencia asociados con una cierta ilación de cambios físicos. Los eventos del espacio tiempo no acontecen, simplemente *son*.

Apócrifo: “Todo me demuestra/ que al final de cuenta/ termino cada día, empiezo cada día/ pensando en hoy, fracaso mañana”.

Bacterias que intoxican el agua

Agua que no has de beber

Unas algas microscópicas, conocidas como cianobacterias, son capaces de producir diversos tipos de toxinas que dificultan la provisión de agua potable. A pesar del uso de mayor cantidad de reactivos para poder degradarlas, y de los esfuerzos por descontaminar, hay situaciones en que la concentración de cianotoxinas en el agua de consumo supera los umbrales permitidos por la Organización Mundial de la Salud. En esos casos es necesario interrumpir el suministro e informar al público sobre el potencial riesgo sanitario, así como recomendar medidas de precaución y contingencia.



Las cianobacterias colonizan numerosos ecosistemas terrestres y acuáticos. Sin embargo, en ambientes acuáticos es donde especialmente se agregan, dando lugar a formaciones típicas conocidas como floraciones.

“Eran las tres de la mañana cuando recibí el mensaje en el teléfono celular. Enseguida, también lo recibí en el email. Era la noche del viernes y todavía estaba despierto a esa hora. Hacía mucho calor. Al principio no presté mucha atención al comunicado oficial, pero enseguida todo cambió. En plena madrugada, la gente corrió a los supermercados —que están abiertos toda la noche— y vació de las góndolas toda el agua mineral. Para las nueve de la mañana no quedó ni una botella en un radio de 200 kilómetros a la redonda. Se sentía pánico en el aire”, cuenta el doctor John Ranjeet, investigador del Departamento de Ciencias Ambientales de la Universidad de Toledo, en Ohio, Estados Unidos. En esa ciudad, durante el verano del 2014, unas 500 mil personas perdieron el acceso al agua potable durante dos días debido a una floración de algas tóxicas: la cianobacteria *Microcystis aeruginosa*.

La planta de potabilización de la ciudad no había logrado remover la toxina del agua de red, que triplicaba el límite permitido por la Organización Mundial de la Salud (OMS): un miligramo por litro para microcistina, la toxina que produce esa bacteria. El comunicado recomendaba: “No tomar agua. No hervir el agua. No dar agua a las mascotas”. La población de 280.000 personas —un equivalente a casi cinco canchas de River Plate llenas a tope— debió calmar su sed, lavar los platos e higienizarse con agua mineral. Rápidamente, las palabras *Microcystis* y microcistina (bacteria y toxina, respectivamente) fueron las más consultadas en Google. Y Toledo se dio a conocer al mundo como la “ciudad del vaso vacío”. Luego de dos largos días, se reinició el suministro de agua de red, ya que

se logró disminuir la concentración de microcistina por debajo de los umbrales máximos permitidos.

Algas microscópicas

Las cianobacterias son bacterias capaces de hacer fotosíntesis de la misma manera que lo hacen las algas y plantas superiores. Se debería contar con un ojo capaz de magnificar 200 veces los objetos para poder ver estas pequeñas algas sin usar un microscopio. Sin embargo, cuando crecen en forma masiva, se hacen visibles pues el agua se torna más verde debido al pigmento responsable de la fotosíntesis. En estas situaciones, sus efectos sobre el ambiente, el agua de consumo y el agua de uso recreativo pueden ser enormes. Esto se debe a que las cianobacterias pueden sintetizar toxinas naturales, llamadas cianotoxinas, que varían mucho en su estructura química —alcaloides, péptidos cíclicos, terpenos— y peso molecular, según explica el doctor Sylvain Merel, del departamento de Química e Ingeniería Ambiental de la Universidad de Arizona en Estados Unidos, en la revista *Environmental International*.

Intoxicación por cianotoxinas

Las distintas cianotoxinas tienen diferentes efectos sobre la salud, que pueden ser a corto o a largo plazo (ver recuadro). Las intoxicaciones asociadas a crecimientos masivos de cianobacterias incluyen, en algunos casos, historias trágicas. Por ejemplo, en la ciudad de Caruaru, estado de Pernambuco, ubicada en el noreste de Brasil, hace veinte años, una floración de cianobacterias causó la muerte de setenta y seis pacientes que realizaban diálisis

Efectos de las distintas cianotoxinas sobre la salud

Algunas toxinas, como por ejemplo las microcistinas y cilindrospermopsina, son hepatotóxicas, es decir que afectan al hígado, y causan dolor abdominal, vómitos, diarrea y debilidad. Otras toxinas, como las saxitoxinas o anatoxinas, afectan el sistema nervioso y provocan temblores musculares, náuseas, parálisis, e incluso paro cardíaco o respiratorio, que puede llevar a la muerte. Finalmente las dermatotoxinas causan irritación en la piel, los ojos, nariz y garganta. Además cuando la exposición a cianotoxinas es frecuente en el tiempo, estas pueden promover el desarrollo de cáncer de hígado o enfermedades neurodegenerativas. Las cianotoxinas son sintetizadas exclusivamente por cianobacterias, a excepción de las saxitoxinas, que también son producidas por dinoflagelados (microorganismos que pueden desarrollar mareas rojas tóxicas en ambientes marinos) y también causan neurotoxicidad.

en un centro de salud. Estos pacientes recibieron hemodiálisis con agua proveniente de un embalse que contenía una floración de la cianobacteria *Cylindrospermopsis*. Otro caso dramático ocurrió en Australia, en la década del setenta, cuando el uso de un alguicida para terminar con una floración de cianobacterias resultó en la intoxicación de más de 100 niños.

Los eventos en que las cianotoxinas afectan el agua de consumo son poco frecuentes, pero, cuando ocurren, tienen el potencial de provocar un gran impacto sobre la salud, y afectan a un gran número de personas. Por el contrario, la exposición recreativa a cianotoxinas es más frecuente, pero el número de personas afectadas es menor, explica la doctora Roslyn Wood, de la Universidad de Western Australia, en la revista *Environmental International*, que revisó los casos de salud reportados en el mundo, vinculados con la exposición a cianotoxinas.



Kristian Peters

Microcystis aeruginosa

Potabilización del agua

Las plantas de potabilización tienen la difícil tarea de proteger a sus consumidores de la exposición a las cianotoxinas. Esto constituye un gran desafío debido al incremento en la frecuencia, magnitud y duración de floraciones tóxicas en los ríos o embalses de donde se toma el agua.

Generalmente, las plantas de tratamiento realizan la filtración del agua para quitar partículas; la clarificación, para remover la materia orgánica; y la desinfección, para inactivar los microorganismos patógenos. Cuando hay una floración de cianobacterias es necesario agregar procedimientos y aplicar productos químicos adicionales para poder alcanzar los estándares necesarios para el agua potable, lo que implica importantes aumentos en los costos.

Cabe destacar que es importante preservar la integridad de las células de las cianobacterias para evitar que las toxinas, que generalmente se mantienen dentro de la célula, se disuelvan en el agua. Una vez que las toxinas están disueltas, son muy difíciles de degradar. Para remover las células enteras se utilizan métodos de coagulación, mediante productos químicos que causan la agrupación de partículas pequeñas en partículas de mayor tamaño. Para remover las toxinas disueltas en agua se utilizan carbón activado y compuestos oxidantes, como el permanganato de potasio, el cloro y el ozono.

En la ciudad del vaso vacío, como se conoció a la Toledo estadounidense, el costo de aplicación de productos

químicos para degradar la microcistina osciló entre los 6 mil y 7 mil dólares diarios. “En la provincia de Corrientes el uso de carbón activado en polvo –que se aplica en casos de floraciones importantes– aumenta el costo del tratamiento del agua hasta en un 900%, aunque este aumento no se refleja en la cuenta del agua”, enfatiza Silvia Otaño, que es Oceanógrafa y trabaja desde hace una década en Aguas de Corrientes.

A nivel mundial, la mayoría de los embalses de donde se extrae agua para consumo (e irrigación) sufren eutrofización (enriquecimiento por nutrientes) lo que, sumado al calentamiento global, favorece el desarrollo de floraciones de cianobacterias. “En Argentina, algunas de las provincias que tienen problemas frecuentes de floraciones de cianobacterias son, entre otras, Córdoba y Chaco. Hay plantas de potabilización que tienen problemas de floraciones en el agua fuente (de donde se toma el agua para potabilizar) todo el año y otras que solamente tienen problemas durante el verano, cuando el caudal de los ríos disminuye, o los embalses y reservorios bajan su nivel de agua”, explica Otaño, que también realiza investigación en ecología y taxonomía de cianobacterias en su lugar de trabajo.

¿Cómo mitigar el riesgo?

Para asegurar la buena calidad del agua para beber resulta necesario implementar medidas de prevención y de mitigación de las floraciones de cianobacterias (y de las cianotoxinas). Los especialistas señalan, como posibles formas de prevención, la fuerte disminución del ingreso de nutrientes al agua, tanto de

fuentes puntuales –provenientes de plantas de tratamiento defectuosas o por falta de adecuados desagües cloacales– como difusas, por ejemplo, las provenientes de la fertilización de los campos. Esto requiere del planeamiento e implementación de adecuadas políticas públicas.

Para mitigar situaciones de toxicidad en el agua fuente, las plantas de potabilización deben contar con métodos adecuados de remoción de toxinas así como adecuados planes de contingencia. Finalmente, una efectiva comunicación de riesgo es necesaria para mitigar los efectos nocivos de las floraciones de cianobacterias, informando y sensibilizando de forma planificada al público sobre las medidas de protección de la salud, respondiendo a sus inquietudes y tratando de disminuir la ansiedad.

Si bien la OMS propuso límites para la cantidad máxima de cianotoxinas permitida en el agua de consumo (1 µg/L de microcistina) y de uso recreativo (20 µg/L de microcistina), y la gran mayoría de los países adhieren a esta sugerencia, son pocos los que han implementado la legislación correspondiente. “En Argentina aún no hay legislación respecto de las cianotoxinas y el agua potable. Solamente la legislación de la Provincia de Santa Fe establece que el agua de consumo no debe contener cianobacterias, aunque no hace referencia a las toxinas. Es necesario que las autoridades tomen conciencia de la importancia de incluir esta problemática dentro de las leyes nacionales o provinciales”, alcaza Otaño.

“Durante semanas no me bañé y solo usé agua mineral. Decían que era seguro tomar agua, pero, cuando abría la canilla, el color era verde, ahí estaba *Microcystis*, visible. Y eso duró días. Hace años que escuchaba en las noticias sobre las floraciones de cianobacterias en el lago Erie (de donde se toma el agua para la ciudad de Toledo), pero nunca me imaginé que podíamos quedarnos sin agua”, comparte John Ranjeet.

Tu experiencia cuenta.
Contanos tu experiencia:

¿Cómo usás EXACTAmente?

bit.ly/EncuestaEXm

Ingresá y ayudanos a
mejorar este canal de
comunicación contestando



una muy
breve
encuesta
anónima.



¿Cómo eligen las hormigas cortadoras las hojas que llevan al nido?

Responde la doctora Roxana Josens, investigadora del Laboratorio de Insectos Sociales de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y el IFIBYNE (UBA-CONICET)

A primera vista, parecería que la elección de hojas para llevar al nido es un comportamiento un tanto anárquico. De hecho, uno puede ver a una hormiga recogiendo un pedazo de hoja del suelo que está próximo al hormiguero, mientras otra, que pasa cerca de ese lugar –donde abundan esas mismas hojas–, sigue su camino y recorre largas distancias para cargar un fragmento de igual tipo de hoja. Sin embargo, esta conducta no es del todo azarosa sino que obedece a un modo de organización grupal de la recolección.

Si bien distintas especies pueden tener particularidades en su organización, en general, en aquellas que poseen este tipo de recolección grupal, algunos individuos –las exploradoras– en un primer momento y sin seguir una pista previa tratan de localizar alimento en determinados lugares. Cuando lo encuentran, evalúan si es apropiado, toman parte de ese alimento, y vuelven al nido marcando el camino de regreso con feromonas, sustancias que servirán de señal química para que, posteriormente, las compañeras encuentren esa fuente de alimento.

A su vez, conforme se van encontrando con otras, ya sea en el camino o en el nido, las compañeras pueden tocar la hoja, percibir su olor, guardar esa “clave” en la memoria y después utilizar esa información para orientarse y llegar a la fuente de alimento descubierta por la exploradora.

Por otra parte, en varios insectos, hay cierta fidelidad a las fuentes de alimento. Es decir que, mientras una determinada fuente de alimento no se agote, es difícil que el individuo que memorizó las claves olfativas o visuales de esa fuente, así como el recorrido o la ubicación, cambie de fuente cuando se tope con otro alimento. Por ejemplo, se comprobó que algunas hormigas neotrópicas (que se alimentan de soluciones azucaradas que ofrecen las plantas) se mantienen fieles, durante semanas, a una misma fuente de alimento. Si ocurre lo mismo con las cortadoras, esto podría explicar por qué una hormiga puede dejar de lado una hoja que está próxima al nido y recorrer un camino más largo para buscar el mismo material vegetal.



Jorge Pulido



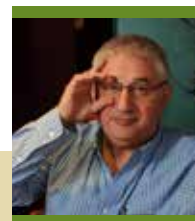
¿Cómo se mantiene el calor en un iglú, y sin que se derrita?

El iglú, ese tipo de vivienda temporaria empleada por los esquimales y por los cazadores en Siberia, Groenlandia y Alaska, es capaz de mantener en su interior una temperatura de 0 grado Celsius cuando afuera hay 40 grados bajo cero. ¿Cómo se logra?

La clave parece estar en la propiedad aislante de la nieve con que se construye, y también en su estructura en forma de cúpula, en la cual cada bloque es sostenido por el bloque inferior. La puerta siempre es baja y estrecha y en muchas ocasiones está por debajo del suelo. Además, la puerta se ubica a resguardo del viento. Para el armado de los bloques, la nieve tiene que ser compacta. La mejor nieve para este propósito es la que es arrastrada por el viento. En cambio, la que cae, no es lo suficientemente dura.

Dentro del iglú, gracias al poder aislante de la nieve, queda atrapado el calor de los cuerpos. Cuando, por el calor, se humedece la parte alta de la construcción y se derriten las capas interiores, éstas se vuelven a congelar por contacto con el exterior, y de este modo se afianza aún más la estabilidad de la estructura.

En el interior de la vivienda se puede alcanzar una temperatura de hasta 16°C, según sea la temperatura exterior. En general, las diferencias entre el exterior y el interior no superan los 40°C. Si en el exterior la temperatura es de 50°C bajo cero, el interior puede estar a unos 10°C bajo cero.



Adrián Paenza

¿Culpables o inocentes?

¿Cuántas ganas tiene de “hacer” de detective o de juez? Le voy a presentar un problema para que pueda pensarlo sin apuros. No es complicado ni requiere de ningún conocimiento especial. Se trata, nada más, que de un ejercicio de lógica pura. Acá va.

Supongamos que hay cuatro acusados de haber intervenido en un asalto. Los voy a llamar A, B, C y D.

La policía y el fiscal le presentan los siguientes datos que fueron acumulando a lo largo de una semana. Por ahora, están todos detenidos, pero usted es —digamos— el juez de la causa y está obligado a tomar una decisión. Mucho más tiempo no los puede retener privados de su libertad y tiene que tomar una decisión.

Se trata de averiguar si con la lista de las conclusiones a las que arribaron los investigadores, usted está en condiciones de determinar cuáles son culpables y cuáles inocentes.

Le pusieron sobre su escritorio estas cuatro afirmaciones:

- 1) Si A es culpable, entonces B tuvo que haber sido cómplice (y por lo tanto, culpable también).
- 2) Si B es culpable, entonces sucedió una sola de estas dos cosas: o bien C fue uno de los cómplices (y por tanto, culpable) o si no, A es inocente.
- 3) Si D es inocente, entonces A es culpable y C es inocente.
- 4) Si D es culpable, entonces A también.

Ahora le toca usted: ¿quiénes son inocentes y quiénes son culpables?

Como ve, todo lo que hay que hacer es pensar si con los datos que figuran acá es posible tomar alguna decisión.

Fíjese en lo siguiente: por lo que dice una parte de la tercera afirmación, si D es inocente, entonces A tiene que ser culpable.



Por otro lado, de acuerdo con la cuarta afirmación, si D fuera culpable, entonces A también lo es.

Es decir, independientemente de que D sea culpable o inocente, A resulta ser culpable.

Esta es la primera conclusión: ¡A es culpable!

Pero mirando la primera afirmación, allí dice que si A es culpable, entonces B tuvo que haber sido cómplice de A. Por lo tanto, B es también culpable (porque ya dedujimos que A lo fue).

Segunda conclusión: ¡B es culpable!

Pero ahora, usando la segunda afirmación, se sabe que si B es culpable entonces tuvo que haber pasado una de dos cosas: o bien C fue culpable, o bien A es inocente. Pero nosotros ya probamos que A no fue inocente, por lo que resulta entonces que C tuvo que haber sido culpable.

Y ésa es entonces la tercera conclusión: ¡C es culpable!

Nos falta saber qué pasó con D.

Fíjese que, por la tercera afirmación, si D fuera inocente, entonces A sería culpable y, además, C sería inocente. Pero nosotros ya sabemos que C no es inocente (es culpable). Luego, D no puede ser inocente. Y eso termina el análisis con la cuarta conclusión: ¡D es culpable también!

La moraleja entonces es que ¡los cuatro son culpables: A, B, C y D!

Una conclusión más: lo que usted acaba de leer y/o pensar es también hacer matemática.



Cuerdas y supercuerdas

La naturaleza microscópica de las partículas y del espacio-tiempo

José Edelstein y Gastón Giribet
Barcelona, RBA: 2016
101 páginas
ISBN: 978-84-473-8387-00

Lograr un libro de divulgación profundo, ameno y abarcativo de todos los aspectos de la teoría de cuerdas, tanto para público general como para investigadores profesionales del resto de las ciencias, era una deuda de la literatura de popularización que *Cuerdas y supercuerdas* ha saldado.

La sinergia entre los autores, los docentes, investigadores y comunicadores José Edelstein (Universidad de Santiago de Compostela, España) y Gastón Giribet (Departamento de Física de Exactas-UBA y CONICET), ha dado lugar a un libro de cuidada redacción, muy buenos gráficos y recuadros, lista de lecturas recomendadas y exquisitas citas de la literatura universal.

El primer capítulo recorre el abc de la teoría. El segundo aborda el emblemático problema de las dimensiones de número mayor a cuatro. En el tercer capítulo se describe el mecanismo de convergencia de las cinco teorías de cuerdas en la teoría M única. El cuarto capítulo, más complejo, aborda el tema de las llamadas branas y su relevancia en el estudio de la entropía de los agujeros negros. Finalmente, el quinto capítulo está destinado a la Conjetura de Maldacena, tónico de lectura imprescindible para toda cultura científica que se precie.

Cuerdas y supercuerdas es un desafío para el lector, tanto como los objetivos de la teoría lo son para sus investigadores.



Una pregunta. 30 años

Memoria escrita del Banco Nacional de Datos Genéticos

Buenos Aires, MINCyT: 2017
208 páginas
ISBN: 978-987-1632-74-9

“La ciencia se hace visible en las respuestas, pero crece a partir de las buenas preguntas”. Con esta premisa, y a partir de la pregunta correcta se forjó la institución que tiene la misión de establecer el vínculo entre nietos apropiados y sus abuelos, el Banco Nacional de Datos Genéticos. *Una pregunta. 30 años*, cuenta esta historia, que es nuestra historia.

Este libro se propone construir una mirada sobre la historia del BNDG, cuya existencia comenzó oficialmente con la sanción de la ley 23.511, promulgada el 1º de junio de 1987, pero cuya historia debe ser contada desde antes. A partir del testimonio de Abuelas, fiscales, nietos recuperados, directivos de la institución, científicos y trabajadores del banco, se recupera la historia de esta institución clave en la lucha por la memoria, la verdad y la justicia. El camino se divide en tres tercios temporales: antes de 1984, entre esta fecha y 2004, y desde ese momento hasta hoy, cuando se cumplen 30 años de la sanción de la ley que regula su creación. Es la historia de un campo minado, sobre el cual la ciencia y la justicia tuvieron que construir una estructura sólida que permitiera dar certeza, allí adonde solo había dudas y desasosiego.

El libro es, en muchos sentidos, fruto de una celebración y la construcción de una mirada sobre nuestro pasado y nuestro futuro.



La física cuántica

Todo sobre la teoría capaz de explicar por qué los gatos pueden estar vivos y muertos a la vez

Juan Pablo Paz
Buenos Aires, Siglo XXI: 2017
144 páginas
ISBN: 978-987-629-726-4

La física cuántica es uno de los mayores logros de la ciencia del siglo XX. Lejos de la mística o el esoterismo, esta teoría que nació para poder explicar el comportamiento de la luz ha sido comprobada una y otra vez en algunos de los experimentos más bellos de las ciencias naturales. Sin las ideas de la cuántica no habría computadoras, reproductores de DVD, transistores o aparatos para medir qué le pasa a nuestro cerebro cuando está pensando. Como toda ciencia, la física cuántica nos ayuda a entender de qué estamos hechos, y ha sido de lo más exitosa en esta misión. (De la contratapa).

Juan Pablo Paz, uno de los científicos argentinos más reconocidos en el mundo y docente de la Facultad de Ciencias Exactas de la UBA, se pone la casaca de divulgador y compone una obra excelente, amena y sorprendente, que pone a la física cuántica al alcance de todo lector curioso y ávido de conocimiento.

Además de dar las explicaciones básicas de esta teoría que cualquier distraído podría confundir con un relato mágico, Paz la relaciona de modo claro, lógico y contundente con los avances tecnológicos más inesperados y que son parte familiar de nuestra vida cotidiana.



Nora Bär

Cuando los científicos se equivocan

Nuestro mundo está moldeado por la ciencia y la tecnología. Gracias a los avances en el conocimiento, la expectativa de vida en la Argentina pasó de 33 años, en 1869, fecha del primer censo nacional, a alrededor de 75 años en la actualidad. Hoy cuesta admitir un mundo sin agua corriente, sin medios de comunicación, sin exploración espacial y, por supuesto, ¡sin Internet!, algo que todavía padecen las poblaciones más vulnerables del planeta. La meteorología nos permite adelantarnos a fenómenos extremos, la vacunación está eliminando enfermedades atroces... Por eso, más allá de casos irregulares (como plagios, descubrimientos fraguados o conflictos de interés), la ciencia mantiene un prestigio muy superior a otras actividades, como las finanzas, la política o la justicia.

Esta apreciación, sin embargo, no quiere decir que esté exenta de errores humanos. Un ejemplo histórico que llevó a consecuencias desastrosas fue la idea del “mejoramiento” de la especie, impulsada a fines del Siglo XIX y comienzos del XX por varios científicos e intelectuales; entre ellos, Francis Galton. El oncólogo y escritor Siddhartha Mukherjee le dedica un capítulo de su atrapante *El gen*. Una historia personal (Debate: 2017). Allí cuenta cómo, en 1883, el primo de Charles Darwin postuló en su libro *Inquiries into Human Faculty and its Development* (Investigaciones en la capacidad humana y su desarrollo) un plan para la mejora de los humanos imitando el mecanismo de selección natural, pero interviniendo para acelerar su perfeccionamiento. Para Galton, la “cría selectiva de los más fuertes e inteligentes, de los más «aptos» —una selección no natural—, podría conseguir solo en unos decenios lo que la naturaleza había intentado hacer durante una eternidad”.

Acuñó un término para denominar esta técnica: eugenesia. Primero, intentó develar sus mecanismos en plantas y animales, pero el fracaso lo orientó hacia los humanos. “Quiso tabular la belleza, clasificar a las mujeres, cuantificar la agudeza visual y auditiva, el sentido del color, la capacidad respiratoria, el tiempo de reacción, la estatura y el peso”, explica Mukherjee.

Para Galton, el genio venía cifrado en los genes. De modo que se abocó a desarrollar una tecnología que permitiera

manipular la herencia. Es más, en una reunión en la London School of Economics instó a sus oyentes a introducir la eugenesia “en la conciencia nacional como una nueva religión”. Propuso criar selectivamente a los fuertes, prohibir los matrimonios inadecuados y registrar los mejores rasgos de las mejores familias en un libro genealógico para que hombres y mujeres fueran seleccionados de allí para producir la mejor descendencia.

Pero no fue el único. H. G. Wells fue más allá: propuso eliminar a los débiles. “Es en la esterilización del fracaso y no en la selección del éxito donde reside la posibilidad de una mejora de la raza humana”, planteó.

El 24 de julio de 1912, un año después de la muerte de Galton, se celebró el Primer Congreso Internacional de Eugenesia en Londres. Asistieron celebridades de doce países. Entre ellos, Winston Churchill, Alexander Graham Bell y Leonard Darwin, hijo de Charles. Los visitantes hablaron sobre las manipulaciones genéticas para aumentar la estatura media de los niños, el papel de la herencia en la epilepsia y la naturaleza genética de la criminalidad.

Por la misma época, defensores de la teoría de la higiene racial promovieron los intentos de realizar una “limpieza” en Alemania. Charles Davenport, un zoólogo formado en Harvard, fundó en 1910 la Oficina de Registros Eugenésicos. Otros planearon la creación de centros de confinamiento para los “no aptos” y se conformaron comités para considerar la esterilización de hombres y mujeres epilépticos, delincuentes, sordomudos, débiles mentales y gente con defectos oculares, enanismo y esquizofrenia. En ocho estados de la Unión se realizaron miles de operaciones de esterilización.

Lo que cuenta Mukherjee es impactante. Y nos lleva a pensar que ahora, con herramientas mucho más poderosas que las que imaginaban Galton y sus seguidores, como la técnica CRISPR-Cas9, estas historias son una advertencia de los errores en los que se puede incurrir cuando el conocimiento y su aplicación se alejan de la reflexión bioética y filosófica. La ciencia está inmersa en la cultura de su época. Ese puede ser a un tiempo su peligro o su tabla de salvación.

De mapas y escalas

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

La representación cartográfica de la superficie terrestre, a lo largo de los siglos, debió enfrentar el problema que generaba la existencia de muy diferentes sistemas de medición en uso no solo en los distintos reinos sino, incluso, en forma simultánea en alguno de ellos, situación que aún no se ha unificado del todo.

En el pasado, así como había mapas destinados al uso exclusivo de los navegantes, en los que la resistencia del material y la claridad de la información eran prioritarias frente a los problemas cromáticos o estéticos, muchos de los mismos compartían la doble característica de ser documentos geográficos y obras artísticas. Durante el Renacimiento y el Barroco, además, se hicieron imprescindibles para las grandes casas reinantes en Europa los mapas murales, de varios metros cuadrados de superficie, pintados al fresco sobre las paredes de las estancias principales. Notable ejemplo fue el que se encontraba en el palacio que fuera embajada de Venecia en Roma (Italia), y que hasta hoy da nombre a la sala donde se encontraba (sala "del planisferio"), y que fue destruido, como muchos otros, por los problemas de humedad y descascaramiento. Pero otros se han conservado, como los del palacio de Caprarola (Italia), que perteneciera a la familia Farnese o la magnífica colección de mapas murales que se encuentra en el Vaticano.

Dejando de lado el hecho que la escala de un mapa es variable sobre su superficie (problema surgido de las técnicas de proyección que necesariamente deben utilizarse) la representación de un segmento de recta de longitud conocida (subdividido generalmente en fracciones) permite obtener, al menos con una cierta aproximación, la distancia existente entre los puntos de interés. Por ello, se incluían en los mapas estas marcas como parte de la información básica, junto con la dirección del Norte y las referencias (explicación de los símbolos utilizados) que pudieran ser necesarias.



Curiosa manera de incluir la escala (expresada en pasos geométricos) en uno de los mapas murales de la Galería de los Mapas, en el Vaticano.

Muchas de las unidades de medida de la antigüedad expresaban distancias medidas con diferentes variables, pues hacían referencia, por ejemplo, a caminos recorridos en una determinada unidad de tiempo, una hora o un día, por un peatón o un jinete. Esto ha hecho que bajo el mismo nombre coexistan unidades de longitud muy distintas (ya que tomaban como referencia distintas variables). Tal es el caso de las millas o de las varas, por ejemplo.

Cuando el progreso de la imprenta hizo que la impresión de mapas se tornara más sencilla, los mapas se convirtieron, en muchos casos, en documentos que se imprimían en determinados centros de producción (Amberes, en la actual Bélgica, por ejemplo) y se exportaban desde allí a diferentes reinos, por lo que requerían la inclusión simultánea de diferentes escalas para que fueran útiles en todos ellos.

Aun hoy, a pesar de la globalización y de los estándares de referencia a nivel mundial, coexisten distintos sistemas de medición para distintas regiones del planeta, lo que mantiene vigente aquel problema de antaño. Si bien es más fácil ahora encontrar equivalencias entre los sistemas, el problema de marinos, pintores, artistas e impresores de antaño, todavía nos encuentra buscando la respuesta de un sistema unificado.



Escala que compara las millas francesas y alemanas y las leguas españolas.



Vista de la Galería de los Mapas, en el Vaticano. Entre 1580 y 1583, el sacerdote matemático, astrónomo y cosmógrafo Ignacio Danti pintó, por encargo del papa Gregorio XIII, cuarenta paneles que representan las diferentes regiones de Italia y algunas de sus ciudades.

Conocé la nueva página web de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Futuros Alumnos

Alumnos

Docentes

No Docentes

Graduados

Investigadores

Comunidad Exactas

Contacto



Institucional

Enseñanza

Investigación

Extensión



Vista del Pabellón 2 desde el edificio del IFByNE

NOTICIAS

VER +



Historia de una pionera
Se presentó el nuevo libro del Programa de Historia de la Facultad: "La química es para las mujeres. Delfina Molina Y Vedia pionera en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales".



Para atrapar al ión
En el Departamento de Física se está terminando de armar un nuevo laboratorio en las fronteras tecnológicas de características únicas en América Latina.



El otro juego ciencia
El playón central del Pabellón II fue ocupado por tableros en los que se jugaron 15 partidas simultáneas de go contra Fernando Aguilar, uno de los mejores jugadores amateurs del mundo.



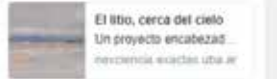
La rana fluorescente
Todos los detalles de una investigación de seis años que dio la vuelta al mundo y que fue posible a partir de la interdisciplina y la tradición científica.

CANAL EXACTAS

VER +



TWITTER



AGENDA

VER +

Conferencia "Desafíos profesionales para la gestión medioambiental en la minería metalífera"

14 JUN El miércoles 14 de junio, a las 11:00 hs., tendrá lugar la charla "Desafíos profesionales para la gestión medioambiental en la minería metalífera" que estará...

Presentación del libro "La Argentina y el cambio climático. De la Física a la Política"

14 JUN El miércoles 14 de junio, a las 17:30 hs., se realizará la presentación del libro "La Argentina y el cambio climático. De la Física a la Política" a...





¿Cómo acercarte a la ciencia en tres pasos?



1 visitá

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

2 sumate

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



3 seguinos

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

nexciencia.exactas.uba.ar