# CIENCIA HOY

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Civil Ciencia Hoy

Volumen 23 número 136
diciembre 2013 - enero 2014

Ejemplar en la Argentina $40

## INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA y plantas ornamentales

La historia y sus polémicas

Insulina y crecimiento

Guía del cielo nocturno

ISSN: 0327-1218

# 25 ANIVERSARIO

Suscríbase al **conocimiento**

# CIENCIA HOY

Si lo apasiona la **ciencia**
y el **descubrimiento**...
no puede dejar pasar
esta **oportunidad**

Av. Corrientes 2835, cuerpo A, 5º A
(C1193AAA) Ciudad de Buenos Aires
Tel/fax: (011) 4961-1824 y 4962-1330

*Suscríbase por internet en el sitio*
*http://www.cienciahoy.org.ar/suscripcion/index.php*
*usando la opción* Dinero Mail *(solo Argentina)*

# CIENCIA HOY

Fundada en 1988

**Propietario: ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY**

**Director:** Pablo Enrique Penchaszadeh



Reservados todos los derechos. Ninguna parte de la revista puede reproducirse, por ningún método, sin autorización escrita de los editores, los que normalmente la concederán con liberalidad, en particular para propósitos sin fines de lucro, con la condición de citar la fuente.



**Sede:** Av. Corrientes 2835, cuerpo A, 5° A
(C1193AAA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel/fax: (011) 4961-1824 y 4962-1330
Correo electrónico: *pab@retina.ar*
***http://www.cienciahoy.org.ar***



## Editores responsables

**Federico Coluccio Leskow**
Instituto de Química Biológica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA-Conicet

**Omar Coso**
Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias, UBA-Conicet

**María Luz Endere**
Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Conicet

**Alejandro Gangui**
Instituto de Astronomía y Física del Espacio, UBA-Conicet

**Aníbal Gattone**
UNSAM

**José X Martini**
Asociación Ciencia Hoy

**Paulina E Nabel**
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Conicet

**Pablo Enrique Penchaszadeh**
Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Conicet

**José Antonio Pérez Gollán**
Conicet

**María Semmartin**
Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas vinculadas a la Agricultura, UBA-Conicet

**Susana Villavicencio**
Instituto de Investigaciones Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, UBA

*Lo expresado por autores, corresponsales y avisadores no necesariamente refleja el pensamiento del comité editorial, ni significa el respaldo de CIENCIA HOY a opiniones o productos.*

## Consejo científico

**Coordinadora:** Olga Dragún (Departamento de Física, CNEA)

Elvira Arrizurieta (Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, UBA), José Emilio Burucúa (UNSAM), Ennio Candotti (Museo de Amazonia, Brasil), Jorge Crisci (FCNYM, UNLP), Roberto Fernández Prini (FCEYN, UBA), Stella Maris González Cappa (FMED, UBA), Francis Korn (Instituto y Universidad Di Tella), Juan A Legisa (Instituto de Economía Energética, Fundación Bariloche), Eduardo Míguez (IEHS, UNCPBA), Felisa Molinas (Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, UBA), Marcelo Montserrat (Academia Nacional de Ciencias), José Luis Moreno (Universidad Nacional de Luján), Jacques Parraud (UVT, INTA), Alberto Pignotti (FUDETEC), Gustavo Politis (Departamento Científico de Arqueología, FCNYM, UNLP), Eduardo H Rapoport (Laboratorio Ecotono, Universidad Nacional del Comahue), Fidel Schaposnik (Departamento de Física, UNLP)

**Secretaría del comité editorial:** Paula Blanco

**Administración:** Adelina Blanco

**Representante en Bariloche**
Edgardo Ángel Bisogni (Instituto Balseiro, Centro Atómico Bariloche);
Av. Ezequiel Bustillo, km 9,5 (8400)
San Carlos de Bariloche, Prov. de Río Negro

**Representante en Mar del Plata**
Raúl Fernández (Facultad de Ciencias de la Salud y Servicio Social, UNMDP)
Saavedra 3969 (7600) Mar del Plata,
Buenos Aires. Tel: (0223)474-7332
Correo electrónico: *raferna@mdp.edu.ar*



**Corresponsal en Río de Janeiro**
Revista Ciência Hoje
Av. Venceslau Brás 71, fundos, casa 27,
CEP 22290-140, Río de Janeiro - RJ - Brasil
Teléfono: (55) 21-295-4846
Fax: (55) 21-541-5342
Correo electrónico: *cienciahoje@cienciahoje.org.br*

**Suscripciones**
ARGENTINA: 6 números, $ 260
EXTRANJERO: 6 números, US$ 40 + envío

**Artículos digitalizados:** $15

**Costo de envío**
PAÍSES LIMÍTROFES DE LA ARGENTINA: US$ 33
RESTO DE AMÉRICA: US$ 54
RESTO DEL MUNDO: US$ 60
(American Express - Visa)

**Distribución**
**En Ciudad de Buenos Aires y Gran Buenos Aires:**
Rubbo SA
Río Limay 1600 (C1278ABH)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Teléfono: (011) 4303-6283/85

**En el resto de la Argentina:**
Distribuidora Interplazas SA
Pte. Luis Sáenz Peña 1836
(C1135ABN) Ciudad Autónoma de Buenos Aires

**ISSN 0327-1218**
N° de Registro DNDA: 5104209

**Diseño y realización editorial**
Estudio Massolo
Callao 132, E.P. (C1022AAO)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel/fax: (011) 4372-0117
Correo electrónico: *estudiomassolo@fibertel.com.ar*

**Corrección**
Mónica Urrestarazu

**Impresión**
Latingráfica SRL
Rocamora 4161
(C1184ABC) CABA


**ASOCIACIÓN CIVIL CIENCIA HOY**

Es una asociación civil sin fines de lucro que tiene por objetivos: **(a)** divulgar el estado actual y los avances logrados en la producción científica y tecnológica de la Argentina; **(b)** promover el intercambio científico con el resto de Latinoamérica a través de la divulgación del quehacer científico y tecnológico de la región; **(c)** estimular el interés del público en relación con la ciencia y la cultura; **(d)** editar una revista periódica que difunda el trabajo de científicos y tecnólogos argentinos, y de toda Latinoamérica, en el campo de las ciencias formales, naturales, sociales, y de sus aplicaciones tecnológicas; **(e)** promover, participar y realizar conferencias, encuentros y reuniones de divulgación del trabajo científico y tecnológico rioplatense; **(f)** colaborar y realizar intercambios de información con asociaciones similares de otros países.


**COMISIÓN DIRECTIVA**

Pablo E Penchaszadeh (presidente), Carlos Abeledo (vicepresidente), Federico Coluccio Leskow (tesorero), Alejandro Gangui (protesorero), Paulina Nabel (secretaria), María Semmartin (prosecretaria), Hilda Sábato, Diego Golombek, Galo Soler Illia, Ana Belén Elgoyhen (vocales).



MECENAZGO CULTURAL
Buenos Aires Ciudad

*Ciencia Hoy agradece los apoyos financieros recibidos —en especial el del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva— para la publicación de la revista. Esta se produce merced al esfuerzo desinteresado de autores y editores, ninguno de los cuales recibe —ni ha recibido en toda nuestra historia— remuneración económica. Fundada en 1988.*

***www.facebook.com/RevistaCienciaHoy***

# Sumario

**Diciembre 2013-enero 2014**
Volumen 23 - Número 136

EDITORIAL

4 La fiesta de cumpleaños

6 GRAGEAS

ARTÍCULOS

9 Doping
Ética deportiva y salud de los atletas
Francisco Radler de Aquino Neto

Los atletas y quienes frecuentan los gimnasios están expuestos a sugerencias –y hasta imposiciones– de colegas, dirigentes, entrenadores y familiares de recurrir a sustancias químicas para mejorar su rendimiento o alterar su apariencia. Pero no son advertidos sobre los daños a su salud que ocasiona la droga, cuyo consumo, además, constituye una violación de la ética deportiva, pues genera ventajas artificiales. Como consecuencia, la ciencia puso en práctica complejos métodos para detectar estos fraudes.

15 Insulinas, metabolismo y crecimiento
Federico Coluccio Leskow

La insulina es una hormona secretada por el páncreas de los mamíferos que regula el metabolismo del azúcar y el nivel de esta en la sangre. Existen otras hormonas de estructura molecular parecida, llamadas factores de crecimiento, similares a la insulina o IGF, secretadas principalmente por el hígado, que regulan el crecimiento. Sin embargo, la primera también tiene efectos sobre el crecimiento y los segundos, sobre el metabolismo, una regulación cruzada con consecuencias para el tratamiento de ciertas diabetes y sobre la incidencia del cáncer. Así, se ha descubierto que en ciertos casos de enanismo en que la regulación del crecimiento opera de forma anormal, los afectados no enferman de diabetes ni de cáncer.

19 La historia y sus polémicas
Fernando J Devoto

En los primero puestos de las listas de best-sellers de las librerías argentinas siempre figuran obras sobre el pasado nacional que la industria editorial y los lectores clasifican en la categoría 'Historia', pero que para los historiadores académicos no se adecuan a los criterios universales de la disciplina porque, esencialmente, son libros de proselitismo político. ¿Hasta qué punto existe una historiografía libre de esa característica?

37 Investigación científica y plantas ornamentales
Una mirada al futuro
Javier F Botto y Diego A Mata

En la Argentina, la oferta de plantas ornamentales es limitada y, por lo general, de calidad inferior a la requerida por los mercados internacionales. Esto abre para el sistema científico-tecnológico la oportunidad de ayudar a la actividad comercial, para que mejore la eficiencia en el uso de los recursos y la calidad de sus productos sobre la base del conocimiento que genera la investigación de los procesos genéticos y moleculares que gobiernan la fisiología vegetal.

CIENCIA Y SOCIEDAD

27 Flan y otros geles
Mariana Koppmann

El flan y la gelatina de frutas, los dulces y las jaleas del desayuno, el matambre arrollado y las modernas 'esferificaciones' del célebre Ferran Adrià, a pesar de sus aparentes diferencias tienen algo en común: todos contienen geles, es decir, redes elásticas de grandes moléculas con gran cantidad de agua atrapada en su interior.

ESPACIO INSTITUCIONAL

30 CONICET dialoga

CIENCIA EN EL MUNDO

45 **Los premios Nobel 2013**

Enrique Kawamura, Walter Sosa Escudero, Ricardo Piegaia, Alberto Díaz Añel, Damián A Scherlis y Darío A Estrin

Como todos los años desde 1901, la Fundación Nobel anunció en Estocolmo el otorgamiento de los premios Nobel de, según sus denominaciones tradicionales, medicina o fisiología, física, química, literatura y la paz. A ese grupo se agregó la economía en 1968, con el premio Banco de Suecia en memoria de Alfred Nobel, que ha pasado a considerarse equivalente a los otros tres en ciencias. Los cuatro se comentan en este número en un momento en que, tanto en la Argentina como en el resto mundo, la ciencia está dando pasos para explicar a la sociedad de manera clara y sencilla sus avances y descubrimientos. En gran parte por ello los premios Nobel acaparan cada vez más la atención en los medios de comunicación.

ASTRONOMÍA

53 **Guía del cielo nocturno**

Jaime García

Enero-junio de 2014

CIENCIA EN EL AULA

62 **Un observatorio astronómico virtual**

Alejandro Gangui y María C Iglesias

Enseñar astronomía en la escuela enfrenta algunas dificultades derivadas de que, en muchos casos, solo se ve una porción reducida del cielo y solo de día. Además, difícilmente se disponga de la posibilidad de hacer observaciones regulares a lo largo de muchos meses, como sería necesario para analizar determinados fenómenos. Una forma de paliar esas dificultades es recurrir a programas computacionales de simulación astronómica, es decir, a observatorios virtuales.

# La fiesta de cumpleaños

El 21 de noviembre último celebramos en el Museo Argentino de Ciencias Naturales los 25 años de publicación de Ciencia Hoy, acontecimiento al que dedicamos el editorial del número anterior con reflexiones sobre los propósitos de nuestra revista y, en términos generales, sobre la divulgación de la ciencia y sus dificultades. También dimos a ese número un carácter especial y lo ampliamos a 88 páginas –más allá de las 64 habituales–, con 19 artículos sobre el estado de sendas áreas del conocimiento.

La reunión festiva en el museo resultó muy concurrida y animada, con la presencia de colaboradores y amigos y activa participación de autoridades como el ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Lino Barañao, el presidente del Conicet, Roberto Salvarezza, y el director del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Pablo Tubaro. También tuvimos el gusto de recibir al agregado de Ciencia y Tecnología de la embajada de Francia, Etienne Saur, y a las directoras de nuestras colegas francesa y brasileña *La Recherche* y *Ciencia Hoje*, respectivamente Aline Richard y Alicia Ivanissevich.

El presidente del Conicet, en sus breves palabras, nos hizo un reconocimiento que nos complace compartir con nuestros lectores. Señaló como algo *realmente meritorio y elogiable* que Ciencia Hoy haya sobrevivido las distintas circunstancias que atravesó la ciencia argentina y se haya convertido en un medio emblemático de ella en el país.

El ministro, por su lado, cerró la corta serie de oradores con palabras que posiblemente resuman el pensamiento de muchos de los presentes. Mencionó *...el éxito que tiene Ciencia Hoy como la revista de referencia en materia de divulgación de la ciencia*. Destacó que está *hecha por científicos que tratan de llegar al ciudadano común sin tergiversar la información que transmiten*. Y agregó: *Hay una demanda adicional a la divulgación: inducir vocaciones, hacer que la ciencia no solo sea divertida y que nos proporcione esparcimiento, sino que motive a los jóvenes para que se interesen. Para que tengamos un país mejor tenemos que apostar a la ciencia. Para que haya científicos en el futuro y por la continuidad de la ciencia necesitamos más divulgación científica*.

No es propósito de este editorial, sin embargo, volver a exponer los conceptos incluidos en el del número aniversario –y en varios de los artículos de este– sobre la índole y alcances de la divulgación de la ciencia, que evocó nuestro presidente al afirmar: *La decisión de divulgar el conocimiento científico debe ser más que una retórica. El investigador puede desarrollar mucho más su creatividad al hacer el esfuerzo de explicar de manera sencilla sus logros y llegar así a experimentar el tremendo éxtasis que surge cuando alguien entiende. Hoy la divulgación científica es tema fundamental de la democratización del conocimiento y del derecho de la sociedad a la información*.

En el mismo espíritu de celebración que nos llevó a organizar la reunión del MACN, decidimos que en este número el comité editorial se tomaría un descanso del esfuerzo bimestral de redactar laboriosamente un editorial, y que dedicaríamos el espacio que le corresponde a mostrar al lector algunas imágenes relacionadas con la historia y la producción de la revista, empezando por una fotografía del propio comité en pleno tomada en la fiesta de cumpleaños.

El comité editorial de Ciencia Hoy en la fiesta de cumpleaños. De izquierda a derecha, Pablo Penchaszadeh, Omar Coso, José Martini, Aníbal Gattone, Alejandro Gangui, José A Pérez Gollán, Paulina Nabel, María Semmartín, Susana Villavicencio, Federico Coluccio Leskow y María Luz Endere. De espaldas en primera fila, Pablo Tubaro, Roberto Salvarezza, Lino Barañao y Aline Richard.

La revista no la hace solo el comité: el trabajo de este sería impensable sin la incansable labor de secretaría, que lleva todas las comunicaciones con los autores; y Ciencia Hoy no podría salir sin el esfuerzo de producción gráfica y de corrección de textos. Nada de lo anterior sería posible, además, sin una administración bien aceitada.

Paula Blanco
Secretaria del comité editorial.

Fabio Massolo
Jefe del equipo de diseño.

Mónica Urrestarazu
Correctora de textos.

Adelina Blanco
Jefa administrativa.

La producción de Ciencia Hoy, que conduce el comité editorial, se encuadra en el marco institucional que le proporciona la asociación civil sin fines de lucro del mismo nombre, gobernada por una comisión directiva y controlada por dos revisores de cuentas y, en última instancia, por la asamblea de socios y por la Inspección General de Personas Jurídicas. En representación de los numerosos miembros que en 25 años integraron los sucesivos órganos de gobierno de la asociación, consignaremos los nombres de los presidentes de la comisión directiva: Roberto Perazzo, del 16/5/19 al 31/12/1989; Patricio Garrahan, del 1/1/1990 al 31/12/1993; Juana Pasquini, del 1/1/1994 a 31/12/1995; Patricio Garrahan, del 1/1/1996 al 31/12/2007; Carlos Abeledo, del 1/1/2008 al 31/12/2009, y Pablo Penchaszadeh, del 1/1/2010 al presente. CH

Roberto Perazzo

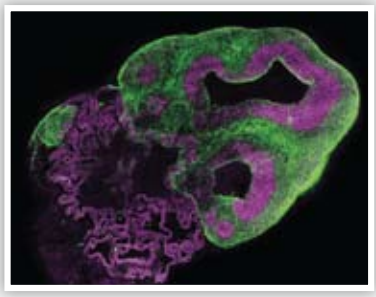
Patricio Garrahan

Juana Pasquini

Carlos Abeledo

## Cerevitros

Las células madre tienen la capacidad de diferenciarse en casi todos los tipos celulares, es decir, de convertirse en células de casi todos los tipos que tiene un organismo, incluso neuronas. Pasar de células cultivadas en una placa de Petri a formar un órgano en condiciones de laboratorio es un gran desafío. Sobre todo si pretendemos generar un cerebro. Estos órganos artificiales pueden ser de gran ayuda como modelos experimentales para estudiar enfermedades. Poder generar órganos humanos in vitro permitirá avanzar sobre ciertos estudios que no se pueden hacer de otra forma. Un estudio reciente muestra que células madre humanas pueden ser usadas para generar un tejido tridimensional capaz de autoorganizarse imitando un cerebro humano en desarrollo. Estos *cerevitros*, del tamaño de una arveja, recrean los primeros pasos en la formación del córtex cerebral, lo que permite el estudio de malformaciones neuronales como las microcefalias, difíciles de estudiar en otros modelos.



Más información en Oliver Brüstle, 'Developmental neuroscience. Miniature human brains', *Nature,* 501, 319-320, 2013.

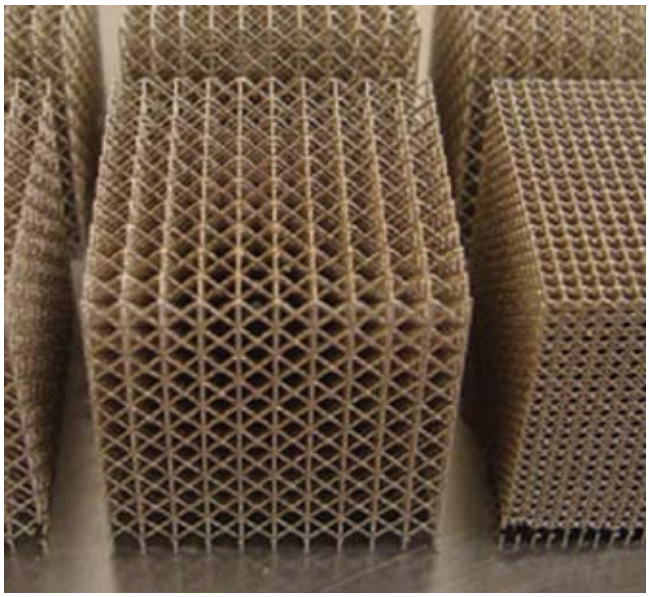
**Federico Coluccio Leskow**
federico@fbmc.fcen.uba.ar

## Fotocopiando objetos

'Perdí mi raqueta de tenis, y tengo partido en una hora. Pero no me preocupo: voy hasta mi computadora, bajo de la red el archivo raqueta.3dc, y hago una copia en tres dimensiones en mi impresora doméstica de objetos...' ¿Será posible esto en un futuro cercano? Para lograrlo, debemos ser capaces, entre otras cosas, de manipular con destreza las propiedades de los materiales. La industria ha desarrollado en los últimos treinta años los llamados materiales celulares, con distintas aplicaciones en distintos sectores. Las propiedades de estos materiales se determinan no solo por las sustancias que los componen, sino también por el entramado geométrico entre sus partes sólidas y sus espacios vacíos: su arquitectura celular. Así, se pueden combinar solidez y liviandad modificando solo su estructura física.

Un ejemplo de la importancia de la arquitectura podemos encontrarlo en la evolución de la rueda. La humanidad pasó de las primeras ruedas de piedra y madera, de muy poca porosidad, a las actuales ruedas de bicicleta en las cuales el 95% del material ha sido reemplazado por aire, con excelentes resultados.

Con la intención de obtener materiales cada vez más livianos y más resistentes se han desarrollado estructuras de pequeñas fibras de carbono que pueden ser ensambladas como ladrillos de LEGO. Basada en una original geometría, esta estructura es diez veces más resistente que los actuales materiales ultralivianos. Con la ventaja de que se puede desmontar y volver a armar fácilmente.



Siendo realistas, todavía debe hacerse un considerable progreso en la paleta de materiales disponibles para llegar a imprimir objetos de manera barata y eficiente. La ruta de los materiales celulares podría ser el camino.

Más información en Tobias A Schaedler *et al.*, 'Toward Lighter, Stiffer Materials', *Science,* 341, 1181, 2013.

**Julio Gervasoni**
jgervasoni@dc.uba.ar

# Aprender a migrar

La grulla trompetera (*Grus americana*), denominada así por el sonido de su llamado, es el ave más alta de América del Norte. Esta grulla se encuentra en peligro de extinción y solo queda una población salvaje que migra año a año desde el nordeste de Canadá hasta las costas de Tejas, en el golfo de México. Hay también individuos criados en cautiverio que son reintroducidos en la naturaleza en un esfuerzo por conservar la especie. Estas grullas habitan en verano en un área protegida en el estado de Wisconsin y migran para invernar en un refugio de vida silvestre en Florida. Las aves reintroducidas aprenden sus hábitos migratorios con ayuda del hombre que, mediante el uso de aviones ultralivianos, enseña a las grullas jóvenes la ruta hacia su destino de verano. La primera migración al sur es suficiente para que conozcan su ruta de regreso en primavera y luego repitan la travesía temporada tras temporada. Este aprendizaje indica que su hábito migratorio depende tanto de componentes innatos como de aprendizaje social. Por un lado, el primer viaje tiene que ser guiado por el hombre para que pueda concretarse. Pero por el otro, el viaje de vuelta se inicia sin ayuda del hombre y refleja este comportamiento innato. El programa de conservación incluye un monitoreo estricto de todos los viajes a lo largo de la vida de cada individuo incluyendo la trayectoria y sus compañeros de vuelo. Estos datos permitieron evaluar la importancia del aprendizaje social al observar que los grupos de aves con individuos experimentados se desviaban menos de su ruta que aquellos en que todos los individuos tienen solo una temporada migratoria. La presencia de grullas que volaron previamente en grupos con trayectorias precisas disminuye significativamente el desvío en la ruta migratoria, sin importar sexo o edad, lo que confirma que hay una transmisión social del conocimiento.

Más información en Thomas Mueller *et al.*, 'Social Learning of Migratory Performance', *Science*, 341, 999, 2013.

**Federico Coluccio Leskow**
federico@fbmc.fcen.uba.ar

# Una mirada diferente

En nuestros ojos, y en el de todos los vertebrados, la luz reflejada por un objeto es colectada por una única lente y proyectada sobre la retina. En este principio de formación de la imagen se inspiraron las cámaras fotográficas, donde la luz colectada por la lente es detectada por una capa de material fotosensible, formando una imagen nítida. Sin embargo, existen muchos otros tipos de ojos. En el caso particular de los artrópodos, contienen una gran cantidad de unidades sensoriales llamadas omatidios –que varían en número según la especie– cada uno con su propia lente y conjunto de fotorreceptores. A mayor número de omatidios, mayor resolución, lo que resulta en una excelente visión panorámica y gran profundidad de campo. Sin embargo, este tipo de ojos posee una menor sensibilidad a la luz y una resolución modesta al ser comparada con la de los mamíferos.

Inspirados en los artrópodos, un grupo de investigadores diseñó una nueva generación de cámaras digitales que utiliza estructuras equivalentes a estos omatidios. Estas cámaras son elásticas, capaces de pasar de una geometría plana a una forma casi semiesférica permitiendo la visión panorámica gracias a un diseño que combina una capa con microlentes elásticas con otra deformable que contiene una red de fotodetectores. Aunque el diseño inicial posee alrededor de 180 omatidios artificiales –número similar al encontrado en una hormiga con una visión limitada–, el siguiente paso será incorporarle tantos omatidios artificiales como los de una libélula (cerca de 20.000). Para contrarrestar la baja sensibilidad se planea utilizar otro recurso de los insectos: hacer que la luz proveniente de un mismo punto en el espacio sea detectada por fotodetectores de estructuras vecinas y posteriormente integrada. Este principio, denominado superposición neuronal, es utilizado en la naturaleza por las moscas, lo que mejora significativamente su sensibilidad a la luz.

Estos nuevos ojos artificiales permiten una visión panorámica y profunda del campo visual y son muy livianos, lo que sugiere aplicaciones interesantes en robótica y medicina. Por ejemplo, podrán ser incorporados en robots que trabajan en zonas de catástrofe o en instrumentos utilizados en procedimientos médicos exploratorios como las endoscopias.

Más información en Song YM *et al.*, 'Digital cameras with designs inspired by the arthropod eye', *Nature*, 497, 95–99, 2013.

**Ana Quaglino**
aquaglino@fbmc.fcen.uba.ar

**Francisco Radler de Aquino Neto**
Instituto de Química, Universidad
Federal de Río de Janeiro

# Doping

## Ética deportiva y salud de los atletas

Nuestra sociedad está dominada por la automedicación y por el uso indebido de sustancias químicas. Se recurre a ellas para incrementar el rendimiento en diversas actividades, o para mejorar la apariencia personal. Su uso se justifica y hasta estimula con pretextos como la salud, a menudo por consejo de personas próximas –que casi siempre carecen de los conocimientos suficientes para impartirlos–, o con el propósito de mejorar el estudio o el trabajo, mantener un estado de alerta, adelgazar o desarrollar la musculatura. También se busca con ellas aliviar angustias o enriquecer la convivencia social, como a menudo sucede con el cigarrillo, las bebidas alcohólicas, la marihuana, la cocaína o el éxtasis, y hay quienes emplean alucinógenos con propósitos rituales en un contexto religioso.

Muchos creen que no son perjudiciales, o que sus beneficios compensan sus riesgos, lo que en casi todos los casos es erróneo. Los anabólicos, por ejemplo, se presentan como recurso en materia de estética corporal y de paliativo para la debilidad muscular, sin advertir que tienen los mismos efectos colaterales que muchas de las llamadas *drogas pesadas*, entre ellos, la dependencia química, que es motivo creciente de internaciones en clínicas de recuperación de adictos, así como los cambios de humor, en muchos casos con aumento de la agresividad. Su uso habitual puede acarrear serios trastornos en el hígado (incluso cáncer) y en el sistema cardiovascular (como accidentes cerebrales).

Por ello, es paradójico que se muestre tolerancia social para los consumidores de anabólicos y para su uso indiscriminado en gimnasios a los que las personas concurren en pos de mejorar su salud. Ante estas situaciones, es responsabilidad de las autoridades del área estatal competente ejercer el control e impedir prácticas indebidas.

En el ámbito específico del deporte, cabe a las organizaciones que lo fomentan o gestionan velar por la salud de quienes lo practican, lo que va unido a establecer y fomentar el respeto de normas éticas. En los deportes com-

**¿DE QUÉ SE TRATA?**

El uso de sustancias diversas para mejorar el rendimiento físico de los atletas, además de perjudicar su salud, afecta la ética del deporte y tergiversa sus reglas. Es necesario recurrir a análisis rigurosos y constantes para realizar un buen control de esas prácticas.

petitivos, corresponde a esas entidades velar por la ética de la competición y realizar controles del uso de drogas o doping por parte de los deportistas participantes.

Las drogas están constituidas por moléculas; su actividad en el cuerpo humano tiene lugar por medio de interacciones moleculares. El organismo muchas veces las elimina por el camino de transformarlas en moléculas más simples o inactivas (llamadas *metabolitos*), que luego transporta la sangre hasta su excreción natural o su acumulación en tejidos como cabellos y uñas. Por lo tanto, para evaluar si hubo doping hay que determinar la presencia de la droga o de sus metabolitos en el cuerpo del atleta. La orina, que acumula los residuos eliminados por el organismo, es el material preferencial para este análisis, pero para ciertas sustancias hay mayor posibilidad de detección analizando sangre o plasma sanguíneo.

## Laboratorios reconocidos

Aunque existen discrepancias en la materia, la opinión mayoritaria es que el control de doping en el deporte es necesario para proteger de los trastornos que provoca y garantizar la igualdad de condiciones en las competencias. Por definición, el doping (en castellano también llamado *dopaje*) es la acción de administrar fármacos a deportistas para aumentar su rendimiento. En su control tienen un cometido fundamental los farmacólogos y los toxicólogos, que pueden detectar el uso de sustancias prohibidas mediante el análisis de muestras de fluidos o tejidos tomadas al atleta.

La profesionalización llevó al deporte a los límites de la capacidad humana. En atletismo, por ejemplo, los records de pruebas de velocidad difieren en centésimas de segundo. Esto conforma un terreno fértil para el doping: lograr un pequeño margen, por ínfimo que sea, puede producir enormes ganancias. Apremiados por la necesidad de vencer a cualquier costo, los atletas utilizan estimulantes, narcóticos, analgésicos, anabólicos, corticoides, diuréticos, betabloqueantes, transportadores de oxígeno, hormonas como eritropoyetina (la hormona de crecimiento) o insulina, productos que enmascaran los anteriores (para burlar los análisis de control), transfusiones de sangre, y en breve podrían incurrir en doping genético (ver recuadro 'Nuevo fraude').

Para cubrir todas estas posibilidades de doping, la química analítica tuvo que anticipar continuamente nuevas prácticas progresivamente ideadas por los atletas y sus colaboradores. Las técnicas de análisis más complejas, como la cromatografía y la espectrometría de masas, son los grandes recursos que permitieron el éxito del control antidoping.

Como sucede con cualquier sistema de control, siempre es posible el fraude, pero los avances de la química analítica reducen cada vez más esa posibilidad. En algunos casos, el fraude puede pasar inicialmente inadvertido, pero los datos o las muestras recolectadas pueden ser analizados nuevamente con técnicas cada vez más depuradas, lo que permite sancionar a los atletas hasta con años de demora, y revocar las medallas obtenidas en forma fraudulenta.

Por excelente que sea un laboratorio de química analítica, los resultados que obtiene no serán mejores que la calidad de las muestras que recibe. Por lo tanto, la recolección de las muestras para controlar el doping exige la intervención de personal calificado al que no puedan engañar posibles ocultamientos y manipulaciones por parte de los atletas. Además, se practica un riguroso sellado con lacres inviolables de los recipientes de la muestra, que cierra el mismo atleta, y se aplican procedimientos de transporte que garantizan una cadena de custodia del material hasta el laboratorio. En este, las muestras solo se identifican por códigos que ocultan la identidad del atleta, para asegurar la objetividad del análisis. Después de cincuenta años de control de doping, sus procedimientos fueron perfeccionados a punto tal que reciben hoy escaso cuestionamiento.

En todo el mundo hay en estos momentos 32 laboratorios reconocidos por la Agencia Mundial Antidoping,

## NUEVO FRAUDE

Según la Agencia Mundial Antidoping, el doping genético es un nuevo fraude que se extiende en estos momentos en el ámbito deportivo. Consiste en el uso no terapéutico de células, genes, o la modulación de la expresión de estos para aumentar el rendimiento atlético. Ese aumento puede obtenerse, por ejemplo, induciendo genéticamente una mayor producción de sustancias orgánicas que mejoran la oxigenación, la potencia o la resistencia muscular. Este tipo de doping se estaría utilizando en muchos deportes, según denuncias controvertidas, y es de difícil detección. La citada agencia invita a investigadores de todo el mundo a encontrar métodos de detección de estas nuevas formas de doping.

la que también supervisa su desempeño. En Iberoamérica hay tres, uno en Cuba, uno en Colombia y uno en Brasil, que dirige el autor de esta nota. Cuando encuentran sustancias prohibidas en la muestra que analizan, los laboratorios presentan un informe a la federación deportiva a la cual pertenece el atleta, cuya Comisión de Control de Doping lo evalúa, considera otras evidencias y, basándose en el Código Mundial Antidoping, establece si corresponde una sanción y la aplica.

El atleta puede recurrir la sanción ante la Federación Internacional y, en última instancia, ante un Comité Arbitral Internacional. Al contrario de lo que sucede en la justicia común, en este proceso los atletas deben probar su inocencia, criterio denominado de *responsabilidad estricta* (*strict liability*) que los obliga a un cuidado extremo. En la práctica, necesitan la guía de un médico competente para decidir qué sustancias utilizar, y qué alimentos y bebidas consumir. El caso de los suplementos alimentarios es particularmente crítico, ya que muchos tienen aditivos prohibidos o están contaminados con sustancias no admisibles.

## Métodos de análisis

Hace poco más de cincuenta años, al comienzo de los análisis de control de doping, la química de los me-

## LABORATORIOS RECONOCIDOS POR LA AGENCIA MUNDIAL ANTIDOPING

| PAÍS | LABORATORIO |
|---|---|
| Alemania | Institut für Biochemie, Deutsche Sports Universität, Colonia |
| Alemania | Institut für Doping Analysis und Sports Biochemie, Dresde |
| Australia | Australian Sports Drug Testing Laboratory, Sydney |
| Austria | Seibersdorf Labor GmbH, Seibersdorf |
| Bélgica | DoCoLab, Universiteit Gent, Zwijnaarde |
| Brasil | LAB DOP, Universidad Federal de Río de Janeiro |
| Canadá | Laboratoire de contrôle du dopage, Institut Armand-Frappier, Laval, Quebec |
| Colombia | Laboratorio de Control al Dopaje, Coldeportes Nacional, Bogotá |
| Corea | Centro de Control de Doping, Instituto Coreano de Ciencia y Tecnología, Seúl |
| Cuba | Laboratorio Antidoping, Instituto de Medicina del Deporte, La Habana |
| China | Laboratorio Nacional Anti Doping, Agencia Anti Doping de China, Pekín |
| España | Hospital del Instituto Mar de Investigaciones Médicas, Barcelona |
| España | Laboratorio de Control de Dopaje, Agencia Estatal Antidopaje, Madrid |
| Estados Unidos | UCLA Olympic Analytical Laboratory, Los Ángeles, California |
| Estados Unidos | The Sports Medicine Research and Testing Laboratory, Salt Lake City, Utah |
| Finlandia | Laboratorios Unidos Medix Ltd, Helsinki |
| Francia | Agence Française de Lutte contre le Dopage, Châtenay-Malabry |
| Gran Bretaña | Drug Control Centre, King's College, Londres |
| Grecia | Laboratorio de Control de Doping OAKA, Atenas |
| India | National Dope Testing Laboratory, Nueva Delhi |
| Italia | Laboratorio Antidoping, Federazione Medico Sportiva Italiana, Roma |
| Japón | Laboratorio Anti Doping, Mitsubishi Chemical Medience, Tokio |
| Kazajistán | Laboratorio Anti Doping de Atletas, Agencia de la República de Kazajistán para Deportes, Almaty |
| Noruega | Laboratorio Noruego de Control de Doping, Departamento de Farmacología, Hospital Universitario de Oslo |
| Polonia | Departamento de Investigación Anti Doping, Instituto del Deporte, Varsovia |
| Portugal | Laboratório de Análises de Dopagem, Autoridade Antidopagem de Portugal |
| República de Sudáfrica | South African Doping Control Laboratory, Department of Pharmacology, University of the Free State, Bloemfontein |
| Rumania | Laboratorio Rumano de Control de Doping, Agencia Nacional Anti Doping, Bucarest |
| Rusia | Centro Antidoping, Moscú |
| Suecia | Laboratorio de Control de Doping, Hospital Universitario Karolinska, Estocolmo |
| Suiza | Laboratoire Suisse d'Analyse du Dopage, Centre Hospitalier Universitaire Vaudois et Université de Lausanne |
| Tailandia | Centro Nacional de Control de Doping, Universidad Mahidol, Bangkok |

Fuente: World Anti Doping Agency *(www.wada-ama.org).*

dicamentos aún era incipiente. Para cada necesidad farmacológica había pocas sustancias disponibles, las que en general tenían la misma estructura molecular básica por la que interactuaban con los receptores del organismo. Por esta razón, el control de doping buscó desarrollar métodos para detectar esos grupos de sustancias similares. El precursor de tales trabajos fue el químico –y ciclista– alemán Manfred Donike (1933-1995), de la Escuela de Deporte de la Universidad de Colonia, Alemania.

Los métodos de esa época intentaban identificar los siguientes grupos de selección: (i) estimulantes volátiles; (ii) estimulantes, narcóticos-analgésicos y betabloqueantes; (iii) cafeína; (iv) anabólicos, y (v) diuréticos.

Los fluidos biológicos, que en los laboratorios son llamados genéricamente *matrices* (pues contienen las sustancias que son buscadas) se caracterizan por una gran complejidad. Por otra parte, dichas sustancias están normalmente presentes en pequeñas cantidades o residuos, lo que configura la proverbial búsqueda de la aguja en un pajar, salvo que, a diferencia de la paja, la matriz no tiene una sola clase de molécula sino una enorme variedad de ellas, que el organismo produce, ingiere, procesa y metaboliza.

Como la sangre está compuesta principalmente por agua, transporta disueltas las sustancias que el organismo finalmente elimina. Se habla así de dos fases del metabolismo. En la primera, o fase I, se produce una transformación de las moléculas para conferirles mayor afinidad por el agua (en término técnicos, hacerlas más *polares*), lo que facilita su pasaje del interior de las células a los fluidos biológicos. En la fase II, los grupos químicos polares de las moléculas transformadas se ligan con grupos aun más polares de moléculas como las de los ácidos glucurónico y sulfúrico, lo que acelera su eliminación.

El análisis de doping enfrenta el desafío de extraer las moléculas de interés de la matriz, para reducir las interferencias en la detección, y concentrarlas en un volumen menor de esta, para aumentar la posibilidad de encontrarlas. Los métodos utilizados para hacerlo se adaptan a las características de los grupos de moléculas que se procura detectar. Los procedimientos preliminares incluyen, entre otras cosas, la remoción del exceso de solvente para concentrar esas moléculas en solo algunos microlitros (millonésimas de litro) de matriz.

Cuando se usa cromatografía gaseosa, es común promover uniones químicas que vuelven las sustancias más volátiles y térmicamente más estables, lo que favorece el análisis. En la cromatografía líquida, solo se precisa elegir el solvente que transportará las sustancias. Estas técnicas cromatográficas tienen un extraordinario poder de separación de sustancias, y

son capaces de distinguir entre las moléculas causantes del doping y aquellas del material que las transporta, gas o líquido.

Los detectores más eficientes son los espectrómetros de masas, que operan sobre la base de partir las moléculas en fragmentos pequeños, que se cuentan y cuya masa se calcula. El resultado es un espectro de masas que revela el número de cada tipo de fragmento versus su masa. En realidad, como los fragmentos tienen carga eléctrica, ese resultado se da como el cociente entre masa y carga.

Como las rupturas de las uniones químicas suceden en los lugares más inestables de la estructura molecular, el químico usa su conocimiento para armar el rompecabezas: sabiendo la masa, le es posible deducir qué átomos componen un fragmento. La abundancia de cada fragmento le permite imaginar cómo el conjunto de átomos se organizaría para constituir un fragmento de molécula. Juntando las posibles estructuras de fragmentos y determinando cómo se unirían, llega a la estructura de la molécula, con lo que el rompecabezas queda completo. Así, además de determinar la presencia y la cantidad de cierto tipo de molécula en la muestra, el método permite identificarla.

El hecho de que cada molécula tenga un espectro de masas característico abre una posibilidad para el análisis: determinar la presencia de determinada molécula solo por iones cuya estructura combinada sea característica de ella. En ese caso, se establece que el espectrómetro fragmente las moléculas y genere iones, pero solo se observan los iones característicos de las sustancias de interés, como si las otras moléculas presentes no existiesen. Por medio de ese artificio, se puede verificar si aparecen centenares de sustancias prohibidas o sus metabolitos en la orina de los atletas.

Con el desarrollo de la farmacología y de la química aplicada a la medicina, la estructura de los fármacos pasó a ser diseñada por programas de computación. Como estos consideran el encastre de las moléculas en los receptores de las células y las interacciones que ahí ocurren, y evalúan millones de posibles estructuras y composiciones atómicas, los nuevos medicamentos pueden, en teoría, ser muy diferentes entre ellos, aunque tengan una acción semejante en el organismo. Por eso, el control de doping mediante la búsqueda de grupos de sustancias de estructura química similar quedó obsoleto. Ahora, los métodos de control de doping cada vez más buscan sustancias que se comportan de modo parecido, tanto en el tratamiento de la muestra como en la separación y detección, independientemente de la actividad biológica que ejercen.

Por eso, los grupos de selección a que nos hemos referido se han configurado de otra manera. Hoy un grupo denominado IV B abarca anabólicos, marihuana, antiestrógenos, inhibidores de la enzima alfa reductasa, efaproxiral (sustancia que intensifica el transporte de oxígeno en la sangre), betabloqueantes y narcóticos-analgésicos. Otro llamado VI B incluye hormonas pépticas (como las gonadotrofinas); glucocorticoides, anabólicos y algunas otras sustancias farmacológicas forman el grupo VII A. El VII B está integrado por diuréticos, estimulantes y otros compuestos farmacológicos; el VIII A, por los diluyentes de plasma; el IX por esteroides endógenos; el X por eritropoyetina y sustancias biosimilares como NESP y CERA, que estimulan la producción de glóbulos rojos, y el XII por la hormona de crecimiento, que tiene un grupo aparte para ella. La cafeína fue retirada de la lista de sustancias prohibidas. Como se aprecia, los grupos actuales son muy diferentes de aquellos investigados al principio del control de doping.

## Riesgos crecientes

A medida que la ciencia avanza en el tratamiento químico de enfermedades, aparecen nuevos desafíos en el control antidoping. Uno de los últimos se relacio-

na con el abuso de hormonas pépticas, sustancias que afectan directamente ciertos procesos centrales del funcionamiento del organismo y presentan efectos colaterales de interés para los atletas.

De este modo, el abuso de la hormona de crecimiento produce más masa muscular, pero también hace que el organismo crezca de modo desproporcionado. En el caso de la insulina, que controla el tenor de azúcar en sangre, los atletas aprovechan también un efecto secundario de aumento de la masa muscular, aunque tenga otros efectos colaterales negativos. La eritropoyetina induce la maduración de los glóbulos rojos en la médula y su liberación en sangre, lo que aumenta la cantidad de transportadores de oxígeno a los músculos, que así adquieren más capacidad de generar energía y, por lo tanto, de hacer trabajo, pero también puede causar que la sangre se vuelva más viscosa y origine la obstrucción de venas y arterias, con el consiguiente peligro de muerte. Además, hay péptidos (que son fragmentos de proteínas) que actúan como factores de liberación de hormonas, y se usan con ese fin.

Paradójicamente, los avances del control antidoping llevan a los atletas a buscar opciones cada vez más invasivas y con mayores consecuencias para el organismo. Pero esto les crea riesgos cada vez más graves. En una búsqueda de resultados –que debemos calificar de irresponsable– los atletas transitan la línea muy delgada que forma la frontera entre las ventajas para el desempeño deportivo y el daño irreparable de su salud o, incluso, la pérdida de la vida. CH

Adaptado de *Ciência Hoje*, 48, 287: 22-27, noviembre de 2011

## LECTURAS SUGERIDAS

**MOTTRAM D** (ed.), 2011, *Drugs in Sport*, Routledge, Nueva York.

**WADDINGTON I & SMITH A**, 2009, *An Introduction to Drugs in Sport*, Routledge, Nueva York.

**Francisco Radler de Aquino Neto**

Doctor en química, Universidad Federal de Río de Janeiro.
Profesor titular del Departamento de Química Orgánica, UFRJ.
Investigador del Consejo Nacional de Investigación del Brasil (CNPq).
Director del Laboratorio Anti Doping, UFRJ.

**Federico Coluccio Leskow**
Instituto de Química Biológica, FCEYN, UBA-CONICET

# Insulinas, metabolismo y crecimiento

## La transducción de señales

La insulina y los factores de crecimiento similares a la insulina (llamados IGF por *insulin-like growth factors*) son hormonas que regulan el metabolismo y el crecimiento en todos los animales. Se entiende por hormonas a sustancias secretadas por un tipo de células que tienen efecto sobre células de otro tipo. También hay hormonas –justamente la insulina y los IGF– que actúan sobre células similares a las células que las producen, incluso sobre ellas mismas. Esa acción puede producirse en lugares vecinos de las células que secretan las hormonas, o las hormonas pueden llegar por el torrente sanguíneo a órganos o tejidos alejados. Las hormonas del primer caso se conocen con el nombre de hormonas *paracrinas* (o *autacrinas* si actúan sobre las propias células que las originan); las del segundo, como hormonas *endocrinas*. Ejercen su efecto al ser reconocidas por *receptores hormonales*, que son específicos de las células a las que apuntan o *células blanco*. Esos receptores son proteínas que están en las células sobre las que la hormona tiene efecto. Se dice que las hormonas son los *ligandos* naturales de dichos receptores, a los que se unen con alta afinidad y los activan para que se produzca el efecto de la hormona.

Los receptores hormonales pueden estar dentro de las células o sobre su superficie. Esto generalmente se relaciona con la capacidad de cada hormona de atravesar la membrana celular o plasmática e ingresar en la célula. Así, hormonas con estructuras químicas que les permiten atravesar esa membrana, como los andrógenos, los estrógenos y los corticoides, se unen con receptores ubicados dentro de las células. Hormonas que no pueden atravesar la doble capa de lípidos de la membrana celular, entre ellas la insulina, los IGF y la adrenalina, lo hacen con receptores ubicados sobre la superficie celular, los cuales se componen de una región extracelular, que se une al ligando, y una intracelular, que se activa luego de la unión y *transduce* la señal al interior de la célula, es decir convierte la señal química de la hormona en otra señal química que tiene efecto sobre el destino de la célula, pues regula las funciones celulares o modifica la expresión de sus genes.

La insulina y los IGF son hormonas peptídicas, es decir, están formadas por aminoácidos. En esto se asemejan a las proteínas, aunque son más pequeñas que ellas y no pueden atravesar la membrana celular. Los receptores de la insulina son proteínas de membrana que en su parte extracelular tienen dos sitios de unión con la insulina, y en su parte intracelular son capaces de desencadenar las señales que influyen sobre las funciones de la célula o modifican la expresión de los genes. En esto consiste la transducción de señales.

**¿DE QUÉ SE TRATA?**

La insulina y los factores de crecimiento similares a la insulina son hormonas relacionadas con el control del metabolismo y del crecimiento.

## Insulina y regulación del metabolismo

La insulina es la principal encargada de regular el balance energético y metabólico en los animales. Una de sus funciones es activar el transporte de glucosa de la sangre al interior de las células, algo importante ya que, cuando comemos, aumentan los niveles de glucosa en la sangre, la que debe entrar en las células y estar allí en condiciones de ser utilizada como fuente de energía (o almacenada en forma de grasas o glucógeno mediante distintos procesos metabólicos).

La insulina es secretada por tejidos especializados del páncreas, que lo hacen en respuesta a altos niveles de glucosa en la sangre. La glucosa, a su vez, es fuente de carbono y energía para las células, que la almacenan y emplean para crecer y dividirse. Si se producen fallas en cualquier etapa del proceso, en el organismo aparece la diabetes, una enfermedad caracterizada por la hiperglucemia o altos niveles de glucosa en la sangre.

En los mamíferos, los receptores de la insulina son de dos tipos, llamados respectivamente A y B. En la literatura técnica aparecen como IR-A e IR-B. Son casi idénticos y las funciones específicas de cada uno todavía no han sido esclarecidas. Se sabe que las células especializadas en la regulación del metabolismo de la glucosa tienen la forma del receptor B, y que es común encontrar el receptor A en células que se dividen activamente, sea durante el desarrollo embrionario, en células progenitoras de otras especializadas o en células tumorales.

## El control del crecimiento

Los mamíferos, entre ellos el ser humano, tienen dos tipos de factores de crecimiento similares a la insulina, llamados respectivamente I y II (y simbolizados por IGF-I e IGF-II). Estas hormonas, secretadas principalmente por el hígado, se unen a un solo tipo de receptor, es decir, a diferencia de lo que sucede con la insulina, que es de un solo tipo y tiene dos receptores, estos factores de crecimiento son de dos tipos que se unen a un solo receptor.

Tanto dichos factores como su receptor tienen un cometido crucial en el desarrollo embrionario y el crecimiento. El factor del tipo I regula el crecimiento juvenil, mientras que el de tipo II lo hace para el crecimiento fetal y funciones celulares específicas a lo largo de toda la vida. Fallas en la función del primero ocasionan trastornos de crecimiento, incluso enanismo, como el síndrome de Laron, enfermedad genética causada por una mutación que lleva a niveles muy bajos el factor de crecimiento I, con la consecuencia de que quienes la sufren no superan el metro de altura.

Paradójicamente, el mismo receptor es el responsable de la gran variación de tamaños que encontramos en los perros, los animales con las mayores diferencias en tamaño: hay razas como los chihuahuas cuyos adultos pesan menos de 2 kilos y otras como los grandes daneses con más de 90 kilos. Es como si al lado de un adulto humano que pesara unos 50kg pudiese haber otro con más de 2000kg. Estas diferencias, que se produjeron por un proceso evolutivo que tuvo a los caprichos del hombre como principal presión de selección, se deben a la presencia de variaciones en el receptor de los factores de crecimiento similares a la insulina.

Extremas diferencias de tamaño en perros: un chihuahua y un gran danés.

## Acción cruzada entre la insulina y los factores de crecimiento

Como suele ocurrir en biología, las cosas nunca responden a un esquema ideal ni a una función única, sino que son siempre complejas. Esa complejidad es producto de la historia evolutiva de los organismos, a los que las mutaciones genéticas y la selección natural llevaron a ser lo que son hoy, y definirán sus características futuras. La regulación del metabolismo y del crecimiento no escapa a esta regla, que ha dado lugar a múltiples puntos de regulación cruzada entre ambas funciones. En particular, la insulina es capaz de unirse y hasta cierto punto activar los receptores de los factores de crecimiento. Estos también se unen y activan a los receptores de insulina, en particular, los de tipo A. También existen receptores híbridos, a los que se pueden unir ambas hormonas.

Esta acción cruzada tiene importantes consecuencias clínicas, pues la hormona que regula la concentración de azúcar en la sangre o glucemia tiene efectos sobre el crecimiento y la división celular, y viceversa. Estudios realizados en los últimos años han demostrado que las personas con ciertas clases de diabetes (las de tipo 2) tienen mayor probabilidad de contraer cáncer, situación que se agrava en los insulinorresistentes, que son menos sensi-

## SÍNDROME DE LARON

En 2011 se difundió por los medios el resultado de una investigación realizada por los endocrinólogos Jaime Guevara Aguirre y Valter Longo, quienes, durante veintidós años, analizaron la población de remotas aldeas en la provincia de Loja, en el sur de Ecuador, muchos de cuyos habitantes presentan un enanismo conocido por síndrome de Laron, por el que no superan el metro de altura. El nombre honra al médico israelí Zvi Laron, profesor emérito de la Universidad de Tel Aviv, que en la década de 1960 fue uno de los primeros en describir la enfermedad. Esta es de índole genética y resulta de una mutación que se transmite con carácter recesivo, es decir que solamente enferman quienes hayan heredado el gen mutado tanto del padre como de la madre. Quienes solo heredan un gen mutado resultan portadores sanos y pueden transmitir ese gen a su descendencia pero no contraen la enfermedad.

El síndrome de Laron se ha observado principalmente en grupos humanos de ascendencia semita, en Israel, Arabia, Irak o Egipto. La población de las aldeas ecuatorianas en cuestión parece haber tenido, justamente, raíces sefaradíes. Las características señaladas del proceso de la herencia, por otro lado, explican la difusión de la mutación y consiguientemente de la enfermedad en poblaciones relativamente cerradas y, por ende, endogámicas.

Los enfermos del síndrome de Laron sufren perturbaciones en el funcionamiento de las hormonas que regulan el crecimiento, pues la mutación de que se trata modifica el receptor de dichas hormonas, que son las responsable de regular la producción de los factores de crecimiento similares a la insulina. En los enfermos, en efecto, se constatan niveles muy bajos de factores de crecimiento similares a la insulina de tipo 1. Si se les administra estas últimas hormonas (a condición de que se lo haga antes de la pubertad), pueden alcanzar estaturas normales.

Uno de los rasgos llamativos de la población ecuatoriana que comentamos es que no había registros de casos de diabetes ni de cánceres, dos de las principales causas de muerte en el mundo. El estudio mencionado analizó a noventa y nueve personas con síndrome de Laron y las comparó con mil seiscientos libres de la enfermedad, tomadas como control. Luego de veintidós años de seguimiento, no hubo diabetes entre las primeras y solo un cáncer no letal. En cambio, alrededor del 5% de las segundas contrajo diabetes y el 17% algún tipo de cáncer.

El endocrinólogo Jaime Guevara Aguirre con un grupo de pacientes con síndrome de Laron en el sur de Ecuador, 2009.

bles a la insulina. El tratamiento de esas diabetes se basa en administrarles insulina o análogos comerciales para regular los niveles de glucosa. Pero en esos pacientes la hormona activa de forma no deseada la división celular y promueve el desarrollo de tumores. Contrariamente, las personas con síndrome de Laron no suelen padecer de diabetes ni contraer cáncer. Esto confirma la regulación cruzada y la cercana relación entre el control del metabolismo y el crecimiento. Entender los mecanismos diferenciales de acción de cada hormona permitiría mejorar el tratamiento de la diabetes, que afecta a más de trescientos millones de personas en el mundo.

## Evolución y control del metabolismo y del crecimiento

Para entender los conflictos que plantea esta compleja regulación, tenemos que mirar el asunto bajo la lupa de la evolución (para recurrir a una frase de Theodosius Dobzhansky). No podemos valernos del registro fósil para indagar los mecanismos de regulación del metabolismo de la glucosa y de la división celular. Pero podemos mirar la historia evolutiva o filogenia e imaginar el posible escenario sobre el cual actuó la selección natural a lo largo de millones de años de evolución.

Los primeros animales fueron organismos pluricelulares sésiles, como las esponjas, en las que la regulación del metabolismo celular y del crecimiento están directamente ligadas a la disponibilidad de nutrientes: cuando estos son abundantes, juntan reservas, crecen y se reproducen. Su crecimiento se produce por aumento del número de células más que por incremento del tamaño celular, y su motor es la división celular. Tienen crecimiento indefinido y reproducción asexual por gemación o fragmentación, por lo que en ellos crecimiento y reproducción están también asociados. Por su lado, la reproducción sexual también está regulada por la disponibilidad de nutrientes, ya que implica un gasto energético importante.

Si nos movemos por el árbol filogenético de los metazoos hacia animales más complejos, podemos detenernos en el gusano *Caenorhabditis elegans*, un nematodo cuya biología ha sido objeto de intensos estudios, al punto que conocemos con bastante precisión los detalles de su fisiología. En sus genes existe un solo receptor para factores similares a la insulina (llamado DAF-2), que puede ser activado por varias hormonas con distintas funciones. Son

hormonas que regulan el metabolismo, el crecimiento, la reproducción y la longevidad de los gusanos, todo por la vía del mismo receptor. Se ha comprobado que ciertas mutaciones de dicho receptor duplican el tiempo de vida de los gusanos pero reducen su fertilidad. En condiciones de abundancia, crecen, se reproducen y envejecen, mientras que la escasez relativa de nutrientes retarda su reproducción y crecimiento, y alarga sus vidas.

A medida que avanzamos hacia una mayor complejidad en el reino animal, encontramos limitaciones a la regulación del metabolismo y del crecimiento por el mismo mecanismo. Ciertos vertebrados, como los peces y los reptiles, crecen en función de la disponibilidad de recursos y lo hacen en forma indefinida. En esos casos, la regulación del metabolismo está íntimamente ligada con la del crecimiento: si hay glucosa disponible, se almacena y se utiliza para crecer.

En las aves y los mamíferos, en cambio, el crecimiento ocurre durante una etapa de la vida, luego de la cual ya no crecen más. En estos casos, es necesario que la regulación del metabolismo esté separada de la del crecimiento. Las aves tienen una sola forma de receptor de insulina, además del receptor para los factores similares a la insulina. Se postula que en estos animales el primero tiene funciones mayoritariamente metabólicas y el segundo las tiene en cuanto al crecimiento, aunque puedan existir receptores híbridos en los que las funciones se solapan.

En los mamíferos las cosas son aun más complejas, posiblemente porque en animales vivíparos cuyo desarrollo embrionario ocurre dentro del cuerpo de la hembra, la regulación del metabolismo de la madre requiere estar separada de la del crecimiento de la cría. A esto parece deberse la aparición en la historia evolutiva del receptor de insulina de tipo B, que tiene una afinidad significativamente menor por los factores similares a la insulina y posee funciones netamente metabólicas. Si bien esta teoría explica de manera simple la aparición de ese receptor y su especialización en la regulación del metabolismo, aun quedan por entender los mecanismos moleculares que garantizan esa señalización diferencial.

## Diabetes, resistencia a la insulina y cáncer

Quienes padecen la mencionada diabetes tipo 2 exhiben resistencia a la insulina, la que perturba el normal funcionamiento de los mecanismos por los que el organismo capta la glucosa y la almacena en forma de glucógeno en los músculos y el hígado, y como grasas en el tejido adiposo. Esos tejidos responden a la insulina mediante receptores de tipo B, aquellos con menor afinidad con los factores similares a la insulina. En situaciones normales, al subir el contenido de azúcar de la sangre luego de una comida, el organismo libera insulina que actúa de forma rápida sobre dichos tejidos y disminuye el nivel de glucosa de la sangre. En los insulinorresistentes, en cambio, los niveles altos de glucosa llevan a una presencia constante de insulina en sangre, pues requieren mayor concentración de insulina para activar a los tejidos responsables de captar la glucosa en circulación por el torrente sanguíneo. Pero dado que la insulina activa, además, los receptores de tipo A y los correspondientes a los factores similares a la insulina, la presencia de importantes concentraciones de insulina en sangre lleva a una estimulación de la proliferación celular y aumenta la propensión a desarrollar tumores.

Concordantemente con lo anterior, se ha comprobado que tanto los receptores de factores similares a la insulina como los de insulina están presentes en cantidades mayores que las normales en tumores de mama, tiroides, ovario y páncreas, entre otros. Paradójicamente, no se han registrado casos de cáncer o detectado tumores en personas con síndrome de Laron, incluso en aquellas con sobrepeso y hasta obesidad, en quienes los niveles de glucemia son normales. Esto confirma que, si bien tanto la insulina como los factores similares a la insulina tienen funciones específicas, existe un gran solapamiento de sus funciones.

Es así como ambas hormonas y sus receptores aparecen como posibles blancos de diagnóstico y terapéuticas para la detección, la prevención y el tratamiento del cáncer. El desafío es encontrar drogas que puedan regular el metabolismo de la glucosa sin actuar sobre el crecimiento y la división celular.

### LECTURAS SUGERIDAS


**BELFIORE A** *et el.*, 2009, 'Insulin receptor isoforms and insulin receptor/insulin-like growth factor receptor hybrids in physiology and disease', *Endocrine Reviews*, 30, 6: 586-623. doi: *10.1210/er.2008-0047.*

**LONGO VD** & **FINCH CE**, 2003, 'Evolutionary Medicine: From Dwarf Model Systems to Healthy Centenarians?', *Science*, 299, 5611: 1342-1346, doi: *10.1126/science.1077991.*

**SUTTER NB** *et al.*, 2007, 'A Single IGF1 Allele Is a Major Determinant of Small Size in Dogs', *Science*, 316, 5821: 112-115, doi: *10.1126/science.1137045.*

**TATAR M, BARTKE A** & **ANTEBI A**, 2003,'The Endocrine Regulation of Aging by Insulin-like Signals', *Science*, 299, 5611: 1346-1351 doi: *10.1126/science.1081447.*

**Federico Coluccio Leskow**

Doctor en ciencias biológicas, UBA.
Investigador adjunto del Conicet.
Profesor adjunto, Universidad Nacional de Luján.
*federico@fbmc.fcen.uba.ar*

**Fernando J Devoto**
Facultad de Filosofía y Letras, UBA

# La historia y sus polémicas

Tanto en la Argentina como en buena parte de los demás países, el estudio del pasado –la historia– tiene lugar en instituciones que forman parte de los sistemas científicos. Ello sugiere, a priori, que la historia es una ciencia sometida a los mismos procedimientos de investigación y verificación que otras disciplinas que integran dichos sistemas y, por ende, parece adecuado que una revista que se llama Ciencia Hoy albergue un artículo sobre la historia.

El lector, sin embargo, podría verse asaltado por dudas. Podría haber tomado conocimiento por los diarios de la creación del Instituto Nacional de Investigaciones Históricas Manuel Dorrego, que *no se abocará en exclusividad a la figura del mártir de Navarro sino a la reivindicación de* [quienes] *como él, defendieron el ideario nacional y popular ante el embate liberal y extranjerizante* [el cual] *en pro de sus intereses, ha pretendido oscurecerlo y relegarlo de la memoria colectiva del pueblo argentino*. Esto lo llevaría a reflexionar acerca de otras tareas que parece adjudicársele a la historia, como reivindicar a personajes y situaciones del pasado, lo que sugiere un propósito pedagógico bastante más amplio que el puramente científico. Y si tiene algunos años recordará las polémicas que en décadas anteriores impulsó una corriente historiográfica denominada *revisionismo histórico*.

Quizá también se vea tentado a pensar que la labor de décadas de los investigadores que integran el sistema científico argentino, en el Conicet, en las universidades o en otros organismos académicos, por acción deliberada o por omisión oscureció y hasta desestimó dimensiones relevantes del pasado argentino, lo que desde luego pondría en cuestión ese mismo sistema.

En igual orden de cosas, el mismo lector podría haberse anoticiado de los miembros del mencionado instituto y advertido que su presidente es médico psiquiatra y novelista, y que entre sus integrantes se cuentan personas que carecen de estudios superiores sistemáticos. Podría entonces legítimamente preguntarse si se necesita alguna habilidad especial para dedicarse a la ciencia histórica, o si ella puede ser practicada por cualquiera que esté interesado en el pasado.

## ¿DE QUÉ SE TRATA?

En su forma moderna, la disciplina histórica data del siglo XIX. Su índole ha sido debatida en ámbitos académicos desde entonces y, concordantemente, la historiografía ha ido tomando distintas orientaciones, un proceso que tiene algunas particularidades en la Argentina.

## Las disputas sobre el pasado

Comencemos con una comprobación: la historia no es ahora ni ha sido nunca patrimonio exclusivo de un grupo de eruditos especializados. Por el contrario: cualquiera puede acercarse a ella, sea ensayista, literato, periodista, político o una persona corriente. Así ha sido siempre. El prusiano Leopold von Ranke (1795-1886), una de las mayores figuras de la historiografía profesional del siglo XIX, consideró que el griego Tucídides, que había vivido en la segunda mitad del siglo V antes de nuestra era, fue el más grande historiador que jamás existió, y que su *Historia de la guerra del Peloponeso* era una obra insuperable.

Tucídides, por lo que sabemos de él, fue un destacado político ateniense, un militar poco afortunado y seguramente una persona con la óptima educación no formal que podían tener los notables de su ciudad, pero no un historiador profesional. Sin embargo, algo unía al griego con el prusiano: la búsqueda de lo que llamaban la verdad. Según una frase célebre de Ranke, eso significaba simplemente narrar las cosas como *efectivamente sucedieron*. Y Tucídides se dirigía a *aquellos que quieran saber la verdad de lo sucedido* con la advertencia de que su obra había sido construida *como un monumento para siempre y no como una farsa destinada a los oyentes de un instante*, como una verdad que podía alcanzarse, en palabras de otro gran historiador, el romano Tácito (55-117), *sin cólera y con estudio* (*sine ira et studio*). No obstante, muchas cosas diferencian a un historiador antiguo como Tucídides de uno moderno como Ranke. Una crucial es que mientras para el primero la mejor fuente para conocer el pasado eran los testigos presenciales de los sucesos, para el segundo lo eran los documentos escritos.

Pero una vez establecida la verdad o la falsedad de los hechos contenidos en los documentos del pasado, no terminó la labor del historiador. ¿Cómo organizar esos hechos y encontrar, si no sus causas, por lo menos las relaciones entre ellos? Podemos establecer con precisión que un movimiento político llamado nazismo llegó al poder en Alemania, y que luego, entre muchas cosas, llevó a cabo un exterminio masivo de judíos y otros grupos étnicos. Pero, ¿cómo y por qué fue eso posible? En otras palabras, los auténticos problemas históricos no son los de la descripción sino los de la explicación o, si se prefiere, la comprensión. Además, el historiador tiene que desplegar su investigación en forma de relato; tiene que organizar en una narración un conjunto de experiencias humanas y sociales ordenadas en determinada secuencia entre las varias posibles.

En todas esas operaciones hay algo que parece ineludible: el sujeto que conoce el pasado. Ranke se ilusionaba con poder suprimirse y ser alguien sin sentimientos, pasiones ni pertenencias. Tarea imposible y que, de alcanzarse, no garantizaría una buena historia, aunque quizá pueda garantizar una buena crónica. El filósofo e historiador alemán Wilhelm Dilthey (1833-1911) señaló que la gran diferencia entre las ciencias naturales y las que llamaba *ciencias del espíritu* era que en las primeras el sujeto está escindido del objeto, mientras en las segundas ambos estaban indisolublemente imbricados: el que estudia es parte de lo que estudia. Su contemporáneo Max Weber (1864-1920), más optimista acerca de la posibilidad de un protocolo científico común para los dos tipos de ciencias, admitía, sin embargo, que en el comienzo de toda investigación había algo que no se podía eliminar: los valores del investigador, que orientan sus estudios. Estos luego encuentran su legitimidad en la índole científica de sus procedimientos.

Como puede comprenderse, la imposibilidad de eliminar al sujeto lleva consigo la de eliminar el punto de vista. Ya Johann Chladenius (1710-1759) había observado que el conocimiento del pasado se logra siempre desde una perspectiva en la que están implicados tanto la posición del estudioso como su lugar espacial o social y sus creencias. Y el mismo Chladenius se encargó de establecer la diferencia fundamental entre perspectivismo y partidismo. Sostuvo que el primero era legítimo e imposible de eliminar, y el segundo, abusivo y condenable. La erudición –entendida como la contraposición de los testimonios– permitía poner límites al libre despliegue de las creencias de los autores y fundamentar lo que de otro modo hubiese sido pura arbitrariedad.

La tradición conocida con el nombre de *historicismo* agregó el condicionamiento del momento histórico en que se encuentra el historiador. Como dijo Benedetto Croce (1866-1952), *toda historia es historia contemporánea*, con lo que buscó señalar que las preguntas que se le formulan al pasado están siempre vinculadas al presente de quien las formula.

La multiplicidad de perspectivas que resultan de la situación y del momento en que se escribe, a las que hay que agregar –entre otras cosas– las preferencias metodológicas del historiador, generan inevitables polémicas entre los especialistas. En este sentido, los debates actuales en los medios sobre el Instituto Dorrego no son novedad. Pero quizá sea bueno distinguir entre distintos tipos de debates.

Fecundos son aquellos que parten de la discusión sobre qué tipo de ciencia es la historia, cuáles son sus instrumentos cognoscitivos y cuál la validez de los resultados que produce, por ejemplo, las polémicas de fines del siglo XIX y comienzos del XX entre economistas e historiadores, o entre sociólogos e historiadores, o entre historiadores cuyo modelo eran las ciencias físico-naturales (por lo general llamados *positivistas*) y aquellos que pensaban en cambio que la historia no era una ciencia de leyes ni de generalizaciones, sino que se interesaba por acontecimientos únicos y singulares. Esas querellas nunca han cesado del todo, ni lo harán, ya que la historia

se encuentra en una posición ambigua en el ámbito de las ciencias del hombre y de la sociedad.

Esa situación ambivalente, sin embargo, puede ser considerada una ventaja: la historia se encuentra a mitad de camino entre las perspectivas nomológicas (por *nomos*, ley) de disciplinas como la economía, que aspira a imitar los métodos de las ciencias físico-matemáticas, y las perspectivas hermenéuticas (interpretativas) de las humanidades clásicas. Esas diferencias pueden presentarse esquemáticamente como la contraposición entre explicación y comprensión, o entre causalidad y condicionalidad, o entre legalidad y singularidad (entre nomotético e idiográfico, de *idios*, individual, particular). Debates todos que en el fondo reposan sobre una discusión más general: ¿existe un único modelo de ciencia, o varios?

Un segundo orden de polémicas está constituido por aquellas que reposan sobre cuestiones interpretativas y acaecen entre contendientes que comparten la misma concepción de la disciplina y similares enfoques metodológicos, nivel de rigor y profundidad erudita. No se trata de que todos los contendientes sean historiadores profesionales o académicos, sino de que entre ellos haya ciertos consensos disciplinares y de prácticas de investigación. Antiguas discusiones sobre los motivos de la caída del Imperio Romano, o más recientes sobre las causas de la Primera Guerra Mundial, o de la Revolución Industrial, son ejemplos de este tipo. Esos acuerdos básicos hacen posible el debate, que parte además de la premisa, como observó el historiador británico Eric Hobsbawm (1917-2012), de que los participantes reputan como válido el mismo tipo de pruebas, y están dispuestos a ser persuadidos por los argumentos de sus contrincantes.

Un tercer tipo de polémicas resulta de desacuerdos fundamentales sobre la forma en que se practica la histo-

Leopold von Ranke (1795-1886) retratado por Adolf Jebens (1819-1888) en 1875. Wikipedia Commons. Profesor de la Universidad de Berlín, fue uno de los iniciadores de la historiografía moderna. Defendió la posibilidad de un estudio objetivo del pasado a partir de la aplicación de un riguroso método filológico a los documentos escritos contemporáneos a los hechos relatados. Ejerció una influencia decisiva en la forma que adquirió la profesión de historiador al constituirse en campo académico independiente en el siglo XIX.

Benedetto Croce (1866-1952) hacia 1930. Foto Arnaldo Polacco, Wikipedia Commons. Fue un notable erudito, historiador y filósofo, y ejerció una gran influencia intelectual pese a que nunca enseñó en una institución académica. Su célebre frase *toda historia es historia contemporánea* sugiere que son las inquietudes y los interrogantes de su presente los que orientan a una persona a estudiar el pasado. El pasado por el pasado mismo es crónica, no historia.

ria, sobre sus usos y utilidad, pero no los expresa en esos terrenos, sino que lo hace en el de la pura interpretación. No hay ningún interés en preguntar acerca de cómo se llega a las conclusiones ni cómo se las valida. En el mejor de los casos, se busca en el pasado aquellos hechos que sustenten las ideas previas; en el peor, se construye una narración de combate al servicio de una causa presente.

Al respecto, piénsese, en la actualidad, en quienes niegan el Holocausto, o en muchos revisionistas de la interpretación de la guerra civil española, aunque, en realidad, la utilización de la historia como arma de combate ideológico es bastante antigua. Por poner un ejemplo ilustre, Voltaire (1694-1778) –que en algún momento recordó una frase de Bernard de Fontenelle según la cual la historia era simplemente *una fábula acordada* (*une fable convenue*)– fue uno de los adalides de la utilización de la historia como instrumento para propagar las luces de la razón contra las tinieblas de la religión y de la superstición, como lo había sido antes Jacques Bossuet (1627-1704) en defensa de la religión. En estos casos no se trata de conocer el pasado, sino de buscar aquel pasado que mejor promueva una política presente ante otra.

Eric Hobsbawm (1917-2012) a los noventa y cinco años. Profesor de la Universidad de Londres y autor de libros relevantes y muy leídos sobre la historia social de los siglos XIX y XX en los que unió inteligencia argumentativa, capacidad de síntesis, extensos conocimientos y gran calidad literaria. Su declarada ideología marxista no le impidió alcanzar un notable reconocimiento académico, incluso entre quienes no adherían a sus puntos de vista políticos.

Es claro en tales casos que, si el problema es la justeza de la perspectiva ideológica, no parece necesario el debate sobre el método o sobre la evidencia empírica. La evidencia será la que más convenga para construir el relato. La polémica suscitada por la creación del Instituto Dorrego parece corresponder a este tercer tipo y, por ello, es bastante estéril desde el punto de vista científico. Constituye, además, un debate entre personas que no solo practican de manera muy distinta la disciplina, sino que se proponen objetivos diferentes. El hecho de que no pueda dirimirse en revistas científicas, sino en medios de alcance masivo, es buen signo de esa esterilidad.

Entre los debates estériles están también aquellos promovidos en las últimas décadas por quienes sostienen que es imposible conocer el pasado y argumentan que somos capaces de conocer discursos pero no la realidad que subyace en ellos. En sus versiones más extremas, el llamado *giro lingüístico* (*linguistic turn*) defiende por vías refinadas la idea de que solo tenemos del pasado una multiplicidad de relatos intercambiables a los que no puede aplicarse ningún criterio de verdad.

Téngase presente que el esquema presentado constituye una simplificación de situaciones más complejas, y que, a menudo, las polémicas entrelazan combinaciones de los anteriores tipos ideales con, además, en muchos casos, motivos personales.

## Las polémicas en la historiografía argentina

La historiografía argentina, como cualquier otra, estuvo surcada de polémicas de distintas clases, intensidades y calidades. Nos detendremos en aquellas que a su modo responden a los tipos presentados hasta aquí.

Un primer ciclo de debates tuvo lugar en torno a la interpretación de la Revolución de Mayo y al libro *Historia de Belgrano y la independencia argentina* de Bartolomé Mitre (1821-1906), cuya primera edición data de 1857 y puede considerarse el punto de partida de la moderna historiografía argentina. Esa polémica se desplegó en las tres décadas que sucedieron a 1860 y participaron en ella, entre otros, Dalmacio Vélez Sarsfield (1800-1875), José Manuel Estrada (1842-1894), Juan Bautista Alberdi (1810-1884) y Vicente Fidel López (1815-1903). De sus discusiones resultaron líneas de interpretación que en buena medida perduran hasta hoy: si la revolución fue producto de causas endógenas o exógenas, si fue hija de procesos de más largo plazo o fruto de las circunstancias e incluso del azar, si resultó un fenómeno único y singular o un movimiento semejante al de otros territorios hispanoamericanos, si su agente decisivo fue el pueblo o lo fueron las elites, si Buenos Aires o el interior.

Los debates promovidos por Dalmacio Vélez Sarsfield (1800-1875), Juan Bautista Alberdi (1810-1884) y José Manuel Estrada (1842-1894) eran interpretativos y metodológicos, pero no reposaban sobre investigación original. Simplemente confrontaban la obra de Mitre en forma ensayística. En cambio, la discusión entre Mitre y Vicente Fidel López (1815-1903) fue un debate en toda regla entre dos contendientes que operaban con similares exigencias eruditas. Ciertamente la *Historia de Belgrano* de Mitre y la *Historia argentina* de López son muy diferentes, pero los autores de ambas consideraban que la disciplina histórica se ajusta a ciertas normas y remite a determinados modelos, predominantemente franceses para Mitre, ingleses para López.

Las dos obras enunciadas son un debate implícito entre sus autores. La de Mitre, optimista y progresiva como se suponía debía ser el relato de los orígenes de una nación destinada a un futuro de grandeza; la otra, mucho más ambigua, ya que a una época colonial juzgada mucho más negativamente le sucedía una revolución en la que las contingencias habían desempeñado un papel central y cuyo resultado era, más allá de los propósitos que orientaban a sus dirigentes, un general deterioro de las instituciones, las costumbres y la vida política.

Además, entre 1881 y 1882 Mitre y López discutieron sobre los hechos, las fuentes, los métodos y la naturaleza de la historia en una encendida polémica periodística, reunida en *Comprobaciones históricas* del primero y *Debate histórico del segundo*. López defendió las primacía de las fuentes privadas, Mitre la de las públicas; López se inclinó por el uso de esquemas filosóficos para la construcción de la historia, Mitre enfatizó el cometido prioritario de la erudición, con la filosofía de la historia al final y no al principio; López consideró que no se podía eliminar el punto de vista del autor y el momento en que escribía, Mitre sostuvo que la historia era un lento proceso acumulativo de conocimientos realizado por estudiosos que implícitamente cooperan hacia el alcance de una verdad final; López sostuvo que los procesos históricos eran universales; Mitre, que eran singulares. Los historiadores profesionales posteriores dieron la victoria a Mitre y a su forma de hacer historia, pero hoy ambos autores dejaron de ser leídos y su polémica terminó olvidada.

Mucho más eco y supervivencia tuvo la potencial polémica de Mitre con Adolfo Saldías (1849-1914). El tema central de Saldías no era Mayo sino Juan Manuel de Rosas (1793-1877). En una obra cuyo primer volumen apareció en París en 1881 con el título de *Historia de Rozas*, luego mudado a *Historia de la Confederación Argentina*, Saldías planteó cuestiones que con los años hicieron suyas los revisionistas, y que ciento cincuenta años después repiten los nuevos revisionistas como una letanía, aunque sin la frescura, la buena pluma y la erudición del autor original, que se basó en una enorme masa documental, en parte debida a la generosidad no desinteresada de Manuelita Rosas. Saldías no buscaba discutir con Mitre sino congraciarse con él, porque lo estimaba como político y más aún como historiador, pero Mitre rechazó el convite e indicó que la época de Rosas, contra cuyo recuerdo se había construido la Argentina moderna, no debía ser revisada.

Bartolomé Mitre con alrededor de treinta años. Daguerrotipo de 14 x 11cm tomado por un fotógrafo no identificado a mediados de la década de 1850, Museo Histórico Nacional. Político, militar y erudito autodidacta, pocos años después de tomada esta foto publicó su *Historia de Belgrano y la independencia argentina*, un libro que moldea todavía hoy el sentido común de la interpretación de la Revolución de Mayo, aun en quienes lo combaten.

La propuesta de Saldías, como escribió en un prólogo en 1888, era *escribir la historia de la Confederación Argentina movido por el deseo de transmitir a quienes quieran recogerlas las investigaciones que he venido haciendo acerca de esa época que no ha sido estudiada todavía y de la cual no tenemos más ideas que las de represión y de propaganda*. Lo hizo buscando *la verdad histórica con absoluta prescindencia de esas ideas que tuvieron su oportunidad en los días de lucha y su explicación en la efervescencia de las pasiones políticas. No se sirve a la libertad manteniendo los odios del pasado*.

La defensa de Rosas iniciada por Saldías fue continuada tiempo después por Ernesto Quesada (1858-1934), abogado y profesor universitario que se había formado en parte en Alemania. A él se agregaron David Peña (1862-1930), apologista de Juan Facundo Quiroga y crítico de Domingo Faustino Sarmiento; Samuel Lafone Quevedo (1835-1920), etnógrafo, lingüista y también profesor universitario, vindicador de Francisco Solano López, e incluso el mismo Vicente Fidel López, exaltador

de Manuel Dorrego. En otras palabras, todas las figuras que hoy se propone estudiar y reivindicar el Instituto Dorrego ya lo fueron hace más de cien años.

A la lista anterior se puede agregar a Alberdi, con sus condenas al Mitre historiador y al Mitre político; y también caben en la lista los historiadores provinciales que reivindicaron a su respectivo caudillo, y Leopoldo Lugones (1864-1938), admirador del *Martín Fierro* y defensor del mito 'bárbaro' contra la civilización sarmientina. Con ello se concluye que en la Argentina de alrededor del primer centenario ya se habían abierto todas las polémicas que reaparecieron en las décadas siguientes.

Eran discusiones historiográficas, no políticas, ya que existían por entonces ciertos consensos básicos acerca del rumbo de la Argentina y las disputas sobre el pasado se relacionaban solo en forma limitada e indirecta con miradas alternativas sobre el presente. Todos –con matices, desde luego– coincidían en el orden jurídico inaugurado por la Constitución de 1853 y no mostraban hostilidad a las ideas de la sociedad liberal, incluidos los católicos. Una excepción era Lugones en quien ya resonaban los ecos de la crisis del liberalismo europeo.

Vicente Fidel López (1815-1903) *ca*. 1880, retratado por un fotógrafo no identificado, Archivo General de la Nación. En los años en torno a la fecha en que fue tomada esta foto, López debatió con Mitre explícitamente en los diarios e implícitamente en sus respectivos libros. Discrepaban en casi todo, excepto en que la buena historia debe escribirse con ajuste a determinados criterios que hoy llamaríamos científicos, pero tampoco estaban de acuerdo en cuáles debían ser.

En la década de 1930, sin embargo, aquellas polémicas puramente históricas pasaron a ser predominantemente políticas, al compás de la crisis que, concluida la guerra de 1914, afectó el pensamiento europeo, cuando muchos anunciaban el fin de la democracia y del liberalismo y la llegada de nuevas auroras. En una Argentina incierta sobre su futuro –y por ende sobre su pasado– emergió el mencionado revisionismo histórico. No fue tanto una nueva visión del pasado cuanto una mirada sobre el pasado que avalaba una política para el presente y buscaba justificar diferentes perspectivas hacia el futuro.

El pequeño libro publicado por los hermanos Julio (1899-1982) y Rodolfo Irazusta (1897-1997) en 1934, *La Argentina y el imperio británico*, fue una obra emblemática de esa corriente. Su centro fue el tratado Roca-Runciman, de 1933, y las negociaciones que llevaron a él. A ese núcleo central los autores agregaron una sección que llamaron 'Historia de la oligarquía argentina', en la cual buscaron explicar lo que consideraban una claudicación de las clases dirigentes por su carácter culturalmente extranjerizante.

Ese fue el comienzo de la saga revisionista, que se prolongó durante décadas hasta hoy. Sus antagonistas y el objetivo principal de sus polémicas fueron los integrantes de la *nueva escuela histórica*, formada por historiadores académicos que ocuparon las instituciones públicas de enseñanza superior, en especial luego de la reforma universitaria de 1918. La figura más relevante del grupo fue Ricardo Levene (1885-1959) y su institución emblemática, la Academia Nacional de la Historia, creada en 1938. Contra ella los revisionistas fundaron el Instituto de Investigaciones Históricas Juan Manuel de Rosas. Los argumentos revisionistas hablaban de una *historia oficial*, que, en la expresión de Ernesto Palacio (1900-1979), consideraban una *historia falsificada*.

No es este el lugar para analizar la historia del revisionismo, que tuvo éxitos modestos mientras permaneció anclado en los ambientes nacionalistas, y logró mucho más público luego de su vinculación con el peronismo, hecho que no ocurrió durante los primeros gobiernos de Juan Domingo Perón sino luego de su caída. Desde entonces sus acciones subieron y bajaron a la par de ese movimiento político, y a sus temas clásicos de la década de 1930, cercanos al autoritarismo nacionalista, se agregaron otros de corte populista y antiimperialista. Lo nuevo no estaba tanto en la argumentación como en la virulencia y el carácter agresivo del debate.

Los mejores historiadores de esa corriente, como el mencionado Julio Irazusta, Vicente Sierra (1893-1982) y Fermín Chávez (1924-2006), buscaron fundamentar el debate en la erudición documental. Así, algunas

Dalmacio Vélez Sarsfield (1800-1875). Daguerrotipo de 11 x 8cm tomado por un fotógrafo no identificado a fines de la década de 1850, Museo Histórico Nacional. Abogado y jurisconsulto, polemizó con Mitre y defendió el cometido decisivo que habrían tenido las provincias del interior, el pueblo y Martín Miguel de Güemes en la revolución de la independencia.

de las polémicas que promovieron fueron beneficiosas, aunque ellos no fuesen historiadores profesionales sino aficionados interesados por el pasado con un propósito más político que histórico. En cierto sentido, algunos historiadores de la nueva escuela y algunos revisionistas operaban en el mismo registro historiográfico: interés predominante por la historia política y argumentación sobre la base de fuentes públicas.

Pero no fue así en la mayoría de los casos: en el revisionismo existió una fuerte tendencia al ensayismo sin erudición y, además, cierta ambigüedad al creer que había una verdad histórica (presupuesta por la expresión *historia falsificada*) y, al mismo tiempo, que toda historia tenía propósitos pedagógicos para un proyecto político. Para lo último, no solamente carece de sentido hablar de verdad: tampoco hay justificación para esforzarse en hacer investigaciones originales. En suma, el revisionismo nunca pudo distinguir entre perspectivismo y partidismo.

Paralelamente a las polémicas abiertas por los revisionistas existieron otras que tuvieron muchos menos ecos mediáticos pero mucha más sustancia historiográfica. Fueron aquellas planteadas por historiadores renovadores como José Luis Romero (1909-1977), a partir de mediados de la década de 1930, y sobre todo por varios otros desde la de 1950. Pusieron el debate no en el terreno de la interpretación del pasado sino en el de la fundamentación epistemológica y la metodología histórica. Reaccionaron contra una historia erudita que consideraban banal, descriptiva, privada de legitimidad científica o de justificación existencial. No partían siempre de los mismos presupuestos, pero a todos los impulsaba la búsqueda de nuevas formas de hacer historia, consonantes con una idea más científica y compleja de la actividad.

Para ellos, tanto los historiadores eruditos tradicionales como los revisionistas habitaban un mundo arcaico que debía ser superado por los nuevos enfoques. Algunos, por ejemplo Romero, combinaron, entre otras cosas, las reflexiones de los filósofos alemanes de la historia, como el mencionado Dilthey o Heinrich Rickert (1863-1936), con los enfoques de la historia cultural europea. Otros, como Tulio Halperín Donghi, incluyeron en la amalgama la historia social a la manera francesa, en la línea de Fernand Braudel (1902-1985) y la revista *Annales*. Así lograron brindar imágenes más complejas tanto de la historia argentina como de la misma historia europea.

En el marco de esa renovación se escribieron grandes libros, desde *Revolución y guerra. Formación de una elite di-*

Juan Bautista Alberdi (1810-1884). Daguerrotipo de 14 x 10cm tomado en Valparaíso hacia 1850 por WG Helsby, Museo Histórico Nacional. Alberdi, abogado, jurista, ensayista y periodista, polemizó con Mitre historiador e insistió en que no podía escribir imparcialmente la historia quien a su vez la hacía desde la primera línea de la política. Su debate abarcaba cuestiones metodológicas e interpretativas, pero por detrás de ellas emergía el profundo desacuerdo con las políticas promovidas por Mitre, por ejemplo en relación con la guerra del Paraguay (o de la Triple Alianza).

*rigente en la Argentina criolla* (1972), de Halperín Donghi, a *Latinoamérica: las ciudades y las ideas* (1976), de Romero. Al mismo tiempo que ellos o, algo después, otros historiadores también brindaron renovadores enfoques de la historia argentina, fuera influidos por la etnografía, como Alberto M Salas, o formados en el extranjero en nuevas modalidades de historia social y política, como Ezequiel Gallo.

Los historiadores renovadores también incorporaron enfoques de disciplinas como la demografía, la economía y la sociología; por ejemplo, recibieron ideas del pensamiento económico del desarrollo elaboradas por Raúl Prebisch (1901-1986) y la CEPAL, y de la sociología de la modernización originada en Gino Germani (1911-1979) y sus seguidores, sobre todo en la década de 1960. Pero a medida que la historia buscaba ser más 'científica' en el sentido más banal del término, más se alejaba del gran público deseoso de consumir relatos políticos e ideológicos (y cuanto más escabrosos, mejor). Las historias de la población o de los precios difícilmente cautivaban a grandes auditorios, y las publicaciones que se mantenían en el plano narrativo resultaban poco interesantes para estos porque tenían una complejidad que las alejaba de los deseos de ese público de leer verdades claras y sencillas.

Ricardo Levene (1885-1959) en un acto en el Museo Histórico Nacional, en 1939, cuando era presidente de la Academia Nacional de la Historia, Archivo General de la Nación. Levene fue el más conspicuo portavoz de la llamada *nueva escuela histórica*, formada por historiadores académicos que ocuparon las instituciones públicas de enseñanza superior luego de la reforma universitaria de 1918.

Juan Manuel de Rosas (1793-1877). Daguerrotipo de 8 x 7cm tomado por un fotógrafo no identificado hacia 1850 de una litografía bastante anterior. A partir de la década de 1880, en que Adolfo Saldías publicó su *Historia de la Confederación Argentina*, la figura de Rosas y su actuación fueron el centro de persistentes debates historiográficos. Progresivamente esas discusiones superaron los ámbitos académicos y eruditos y se enrolaron en el debate político con tonos cada vez más exasperados.

Hemos intentado presentar un escueto panorama de una historia –la de la historiografía argentina– mucho más compleja. Que las cosas son siempre más complejas es el mejor consejo que puede dar un historiador. Pero, dicho esto, digamos también que las polémicas argentinas han tenido su especificidad, derivada de factores como la lenta construcción del campo intelectual de la disciplina, la debilidad de las instituciones argentinas y la poca versación histórica del público general. Es bien conocida la frase de Terenciano Mauro, del siglo II de nuestra era: *según la inteligencia del lector es el destino de los libros*. El éxito de muchas propuestas no depende tanto de los autores como de los lectores.

**Fernando Devoto**

Doctor en historia, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
Profesor titular, Facultad de Filosofía y Letras, UBA.
Consultor del Instituto de Investigaciones sobre el Patrimonio Cultural, Universidad Nacional de San Martín.

## LECTURAS SUGERIDAS

**DEVOTO F** y **PAGANO N**, 2010, *Historia de la historiografía argentina*, Sudamericana, Buenos Aires.

**HARTOG F**, 2013, *Croire en l´histoire*, Flammarion, Paris.

**Mariana Koppmann**

# Flan y otros geles

Muchas recetas culinarias, tanto clásicas como modernas, requieren la formación de un gel. El flan y la gelatina de frutas, los dulces y las jaleas del desayuno, el matambre arrollado y las modernas 'esferificaciones' del célebre Ferran Adrià, todos contienen geles, es decir, redes elásticas con gran cantidad de agua atrapada en su interior. Dada la variedad de sustancias que pueden formar geles, para tener éxito en la preparación es necesario atender a las particularidades de cada una.

Para flan, gelatina y matambre arrollado, la formación del gel depende de la presencia de proteínas; para dulces y jaleas, de pectinas, que son hidratos de carbono, y para las esferificaciones, que son pequeñas bolas, de un hidrato de carbono obtenido de algas llamado alginato.

Más allá de las diferencias de naturaleza de las sustancias que los forman, los geles comparten ciertas características. Están constituidos por moléculas grandes que en determinadas condiciones puedan formar una red, es decir, asociarse por atracciones o unirse químí-

**¿DE QUÉ SE TRATA?**

La ciencia en la cocina: un poco de química ayuda a entender los cambios que tienen lugar en los alimentos que cocinamos.

camente. Y son capaces de retener agua en su interior, por lo menos por cierto tiempo.

## Flanes

Hay muchas recetas para hacer flan; algunas requieren yemas y claras de huevo; otras, solo yemas. Cuantas más yemas, más cremoso será el resultado por las cualidades de las proteínas y la cantidad de lípidos presentes.

Flan, gel constituido por las proteínas de huevos y leche bajo la acción del calor.

Una receta clásica incluye azúcar para el caramelo, un litro de leche, ocho huevos completos más cuatro yemas adicionales y 200gr de azúcar. El procedimiento es simple: mezclar todos los ingredientes, colocar la preparación en un molde con caramelo y cocinarla tapada, en baño maría y dentro del horno, por aproximadamente una hora.

Las proteínas de las yemas y las claras forman el gel bajo la acción del calor, de la misma manera que lo hacen las de la clara cuando hervimos un huevo; las proteínas dispersas en leche cambian su forma con el calor y se asocian entre ellas. Como esta preparación tiene bastante azúcar, es necesario que llegue a por lo menos 90°C en su interior. Si fuera un flan salado, con unos 70°C bastaría.

Para que el flan quede cremoso, las proteínas deben desnaturalizarse, es decir, abrirse y asociarse entre ellas. Si la cocción es muy prolongada o la temperatura del baño maría es muy alta, se genera en su interior vapor, el que es atrapado por las proteínas coaguladas y deja el flan con agujeritos. Por ello, si quiere que los tenga, el agua del baño maría debe estar en ebullición.

Si una vez finalizada la cocción se intenta desmoldar el flan, seguramente se desarmará completamente: hay que esperar hasta que esté completamente frío para se forme la estructura del gel, porque si bien la base de este se constituye durante la cocción con la asociación de las proteínas, solo durante el enfriamiento, a medida que se detiene el movimiento interno, se arma la malla o red estable que atrapa la leche con el azúcar disuelta. Desmoldado frío, el flan queda elástico.

Matambre, un arrollado de carne del corte vacuno del mismo nombre. Se puede cortar en tajadas que no se desarman porque durante su preparación se forma un gel adherente.

## Matambres arrollados y gelatinas

Uno de los desafíos de preparar un matambre arrollado es lograr que, al cortarlo en tajadas, estas permanezcan enteras y no se desarmen. Más allá de haber sido enrolladas bien apretadas antes de la cocción, ¿por qué las vueltas de esa serpentina de carne con vegetales quedan adheridas entre ellas como para permitir cortar el matambre en tajadas?

La respuesta es la presencia de un gel de gelatina que, a modo de pegamento, une las vueltas de carne y los vegetales. Proviene del colágeno del tejido conectivo de la carne, que es muy abundante en los cortes usados para el matambre, ubicados entre el cuero y el costillar de los vacunos. Cuanto más grande el animal, más tejido conectivo y, por lo tanto, más posibilidades de liberar gelatina durante la cocción. Esa liberación, por otra parte, vuelve tierno al matambre pues el tejido conectivo da dureza a esa clase de carne.

Una vez hervido durante varias horas, la práctica es enfriar el matambre en la heladera con un peso enci-

ma. Durante ese enfriado, igual que en el caso del flan, las proteínas de la gelatina desprendida se asocian entre ellas y atrapan el agua y los vegetales. Si por apuro se corta la carne antes de que se enfríe del todo, las rebanadas se abrirán, pues no se habrá formado el gel. Si la carne proviene de un animal pequeño, es conveniente agregar gelatina en polvo, pues el corte no tendrá suficiente colágeno que se disuelva durante la cocción.

La gelatina en polvo, que se compra en el supermercado, es producto de un proceso industrial similar al que ocurre durante la cocción del matambre: pieles y huesos de animales, que tienen abundante tejido conectivo, se calientan para extraer una gelatina, que luego se purifica, desodoriza y comercializa, sea sin sabor o, para postres, con el agregado de azúcar, sabor y colorante.

Para que un gel quede bien armado y sin grumos, el primer paso es dispersar el gelificante. En los flanes, las proteínas de los huevos se dispersan al mezclarlas con la leche; en los matambres, al irse disolviendo lentamente durante la cocción. En las gelatinas en polvo de frutas, si bien las proteínas están dispersas en el azúcar, el agregado de agua caliente las hidrata y completa de dispersar. Es interesante notar que cuanto más lentamente se enfríen las preparaciones que hemos descripto, se da más tiempo a cada molécula a encontrar su lugar más adecuado en la red y se logra que esta sea más firme.

Por la naturaleza proteica de la gelatina, no se puede incorporarle sin más frutas frescas que contengan proteínas que cortan otras proteínas, como ananás, kiwis, papayas o higos. Tampoco jengibre fresco, por la misma razón. Para agregar cualquiera de los anteriores, primero es necesario calentarlos para inactivar las enzimas que contienen. Las frutas muy ácidas, como el limón o la fruta de la pasión, quitan firmeza al gel y demoran su formación. Aunque la acidez no impide la formación de la red, la vuelve más frágil.

'Esferificaciones', creación del chef catalán Ferran Adrià. Las que muestra esta foto (tomada por la autora) son de licor de menta.

Jalea de membrillo. Foto: Javier Lastras /Flickr.com

## Dulces y jaleas

Probablemente el mejor ejemplo de gel sea la jalea de membrillo, que tiene ese carácter por las pectinas provenientes de la fruta. Las pectinas son parte de la pared celular de todas las plantas, pero están presentes en ellas en distinta cantidad según la especie. Son abundantes en membrillos, manzanas y cítricos, y necesitan para formar gel que haya tanto alta acidez como fuerte concentración de azúcar. Por esa razón, se agrega jugo de limón (incluso ácido cítrico) durante la elaboración de esos dulces. También, para que se forme el gel y tenga buena consistencia, el dulce o la jalea requieren más de un 60% de azúcar, a menos que se recurra a otros espesantes.

Para más información sobre los temas de esta sección, los autores pueden consultar los libros de la autora *Manual de gastronomía molecular*, 2009, y *Nuevo manual de gastronomía molecular*, 2012, Siglo XXI, Buenos Aires.

**Mariana Koppmann**

Bioquímica, Facultad de Farmacia y Bioquímica, UBA.
Presidenta de la Asociación Argentina de Gastronomía Molecular.
*mkoppmann@marianakoppmann.com*

VINCULACION TECNOLÓGICA

# El CONICET y 3M Argentina desarrollarán proyectos de investigación conjunta

**Ambas instituciones firmaron un convenio de cooperación para trabajar líneas de investigación científico tecnológicas que incluyen nanotecnología.**

El presidente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Roberto Salvarezza, y el presidente de 3M Argentina, Ignacio Stegmann, firmaron un acuerdo de cooperación y asesoramiento científico tecnológico para llevar adelante actividades conjuntas de investigación y desarrollo. Este convenio enmarca líneas de investigación como la nanotecnología para polímeros y la nanotecnología para liberación controlada de medicamentos, entre otras.

La firma tuvo lugar durante la inauguración del nuevo Centro de Innovación y Desarrollo de Tecnologías de 3M en la localidad de Garín, partido de Escobar, provincia de Buenos Aires, que encabezó el vicepresidente de la Nación, Amado Boudou, junto al gobernador de la provincia de Buenos Aires, Daniel Scioli.

Durante su discurso, el vicepresidente Boudou celebró "los nuevos puestos de trabajo de científicas y científicos argentinos que van a llevar adelante su tarea en esta planta". Además comentó que "nos llena de orgullo que sea nuestro país el que recibe esta inversión privada de origen internacional, inversión que tiene que ver básicamente con la calidad y los talentos de los recursos humanos formados en la Argentina".

Respecto del acuerdo entre 3M Argentina y el CONICET, el vicepresidente de Asuntos Tecnológicos del CONICET, Santiago Sacerdote, dijo que "en general, los acuerdos de I+D con empresas se ejecutan en laboratorios o institutos públicos, lo cual dificulta el intercambio de información y conocimientos, y la interacción entre los científicos y los grupos de trabajo de la empresa".

Para Sacerdote, el convenio con 3M, que acaba de inaugurar su nuevo Centro de investigaciones, podrá ser aprovechado y llevar a la práctica el desarrollo de proyectos de mutuo interés en los que tenga sentido la complementación de capacidades. "La novedad es que la apuesta de complementación es de un nivel mayor, invitando a explorar un nivel colaborativo más dinámico, integrado y estable a largo plazo, promoviendo también el contacto y la formación de recursos humanos locales en tecnologías de frontera", destacó Sacerdote.

Por su parte, Ignacio Stegmann afirmó que este convenio "permitirá desarrollar productos que sirvan a las necesidades de la industria argentina y del resto del mundo. Asimismo, permitirá integrar el esfuerzo de científicos del ámbito público y privado en un trabajo conjunto".

Al finalizar el presidente de 3M agregó: "Tenemos muchas expectativas respecto de este acuerdo. Estamos convencidos de que el trabajo conjunto entre el ámbito privado, el público, las organizaciones del tercer sector y la comunidad es imperativo para alcanzar el desarrollo de nuestra sociedad".

El convenio marco de colaboración firmado entre 3M y el CONICET fortalece el lazo entre instituciones públicas y privadas con intereses comunes en el desarrollo de problemáticas específicas. El mismo se enmarca en los acuerdos de investigación y desarrollo que lleva adelante el Consejo con empresas nacionales y del exterior.

Del acto de inauguración participaron el secretario general de la Presidencia, Oscar Parrilli; la secretaria de Planeamiento y Políticas del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, Ruth Ladenheim, y el CEO Mundial de 3M, Inge Thulin.

IBR-CONICET

# MicroARN: el mecanismo que permite a los vegetales ser más grandes y saludables

**Un grupo de investigadores del CONICET estudia cómo estas pequeñas moléculas podrían mejorar las características de las plantas.**

Jimena Naser

¿Cómo es que se regula a los genes? ¿Qué es lo que determina cuándo un gen está activo y cuándo no? ¿Qué es un microARN? ¿Qué implicancias tendría comprender su funcionamiento en el mundo vegetal?

Aumentar el rendimiento del campo, producir plantas más grandes y con mayor tolerancia a la sequía, es el objetivo del equipo de investigación que dirige Javier Palatnik, investigador independiente del CONICET en el Instituto de Biología Molecular y Celular de Rosario (CONICET-IBR). Para ello estudian el funcionamiento de ARNs pequeños: porciones de información genética que intervienen en las etapas de síntesis de proteínas y determinan cuáles son los genes que se expresarán en ella y cuáles no.

"El funcionamiento de los microARN es esencial para que exista la vida, al menos en organismos multicelulares", dice Palatnik, y expone que la investigación apunta a "estudiar cómo estas moléculas controlan la división celular" ya que si uno puede manipular este proceso "el resultado son plantas más grandes, que produzcan más semillas o que sean más tolerantes a la sequía".

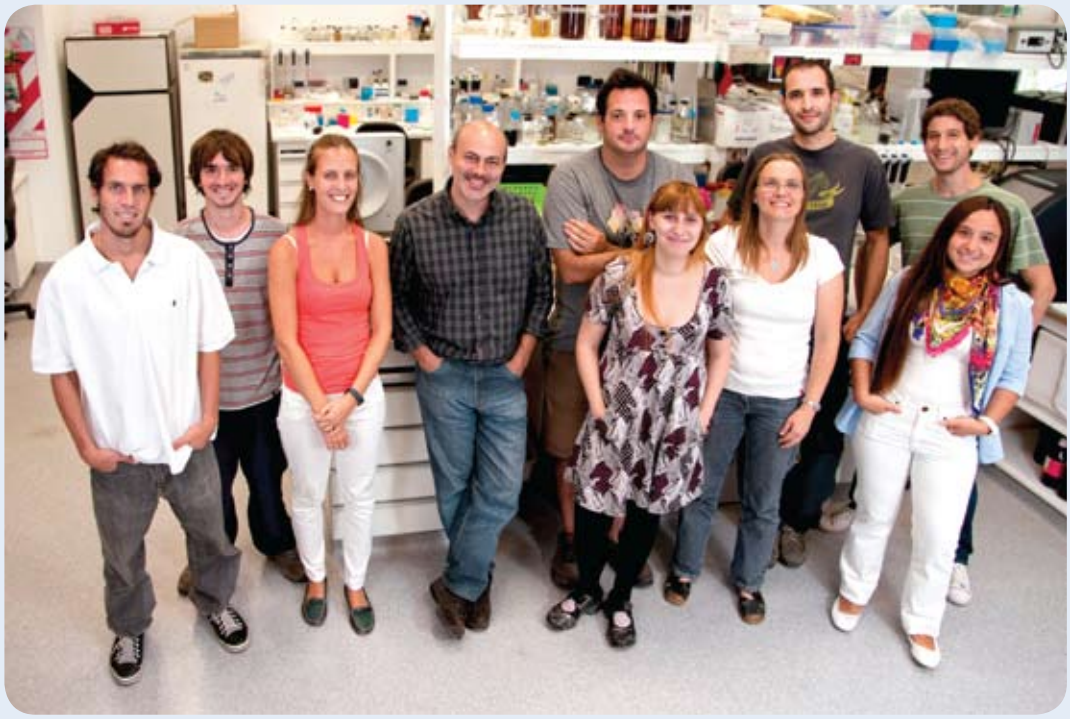
Hacer una planta que tenga mayor biomasa, es decir que tenga mayor cantidad de células, se traduce en vegetales de mayor rendimiento en el campo, según comenta Marcelo Yanovsky, investigador independiente del CONICET, pero que no participó de estos estudios. Además explica que "entender cómo se originan y actúan los microARN es vital para poder tener una comprensión integral de cómo se regula el crecimiento y el desarrollo de las plantas, así como su ajuste al ambiente. Se supone que si una planta es más grande y más saludable te va a dar más semillas. No siempre es así pero es un camino para llegar a ello".

Los microARN, dice Palatnik, regulan además otros procesos biológicos, como los momentos en que la misma florece, el tamaño y la forma de las hojas, y participan además en la respuesta a situaciones de déficit de nutrientes.

La investigación del grupo sobre el descubrimiento de microARN en plantas fue publicado en el journal *Genome Research* y los datos aportados permitieron a los investigadores tender un puente desde la ciencia básica a la ciencia aplicada.

"Poder generar plantas de estas características puede tener otras posibles aplicaciones como biocombustibles. Si uno parte de mayor cantidad de masa de planta, entonces obtiene un mayor rendimiento", indica Palatnik.

La especie que utilizan para estas investigaciones es la *Arabidopsis thaliana,* una pequeña planta herbácea en el campo pero que en los últimos años ha ganado protagonismo en los laboratorios. Como explica Yanovsky, "esta planta es la especie modelo utilizada por excelencia para investigar mecanismos genéticos y moleculares de regulación del crecimiento y desarrollo en organismos vegetales, así como respuestas a distintos estímulos. Esto se debe a que tienen un genoma pequeño, con baja redundancia génica, el cual está completamente secuenciado". ■



Crédito de foto: gentileza investigadores.

Diálogo con un investigador

Ciclo de entrevistas CONICET

# "El descubrimiento de fármacos es uno de los principales motores económicos a nivel mundial"

**La plataforma tecnológica y el laboratorio Max Planck inaugurados recientemente en Rosario apuntan al desarrollo de estos productos en América Latina.**

El jueves 10 de octubre se inauguró en el ámbito de la Universidad Nacional de Rosario (UNR) un nuevo edificio de 1.500 metros cuadrados, que albergará a la plataforma tecnológica de Servicio de Descubrimiento, Diseño y Desarrollo Pre-clínico de Fármacos de la Argentina (SEDIPFAR) y al nuevo Laboratorio Max Planck de Biología Estructural, Química y Biofísica Molecular de Rosario (MPLbioR).

Con dos objetivos diferentes pero que confluyen, estos dos proyectos dirigidos por Claudio Fernández, investigador independiente del CONICET y profesor titular de la UNR, apuntan a aunar esfuerzos para que el país se posicione como líder de la región en materia de desarrollo de nuevas drogas para el tratamiento de patologías que van desde el cáncer de pulmón, Parkinson y Alzheimer hasta enfermedades desatendidas como Chagas o leishmaniasis.

### ¿En qué áreas trabajará la SEDIPFAR?

La plataforma consta de varias unidades, todas ellas claves para las distintas fases del diseño y descubrimiento de fármacos en fase preclínica. Existe una unidad de Química Combinatoria, que va a proveer bibliotecas de compuestos químicos para ser ensayados in vitro y en modelos celulares y animales para distintas patologías humanas. Una unidad, de Química Computacional, que va a hacer la simulación de la acción de estas bibliotecas contra blancos moleculares con potencial terapéutico. Una unidad de Biología Molecular y Celular, encargada de la producción de blancos moleculares y el desarrollo de ensayos biológicos para las distintas patologías. Y, finalmente, las unidades de Biología Estructural y Biofísica y de Modelos Animales, encargadas de desarrollar los screenings, es decir los estudios y análisis, para realizar la validación biológica de las distintas bibliotecas de compuestos.

### ¿Qué impacto cree que tendrá esta iniciativa en la región?

Nosotros apuntamos al diseño, descubrimiento y desarrollo de fármacos en fase preclínica. En América Latina tenemos una industria farmacéutica que produce básicamente genéricos y no hace innovación y desarrollo. El descubrimiento de fármacos es uno de los principales motores económicos a nivel mundial. Más allá de eso, también tenemos el problema de las enfermedades endémicas en Latinoamérica como Chagas, dengue, leishmaniasis y distintos tipos de malarias, que ninguna empresa farmacéutica atiende porque no reditúa ganancias. Actualmente las

grandes empresas farmacéuticas han cambiado su modelo de negocios. No hacen investigación científica temprana, delegan los ensayos en la academia o en pequeñas empresas de biotecnología para luego, una vez hechas las pruebas, avanzar en el último tramo hacia el fármaco. Esto ha obligado a un acomodamiento de la academia, que ya no está sólo dedicada a la investigación básica, sino también a desarrollos concretos. Nuestra plataforma viene a cubrir esta vacancia en la región.

### ¿Con qué enfermedades van a comenzar a trabajar?

La plataforma tiene tres líneas de acción claramente definidas, que son patologías neurodegenerativas como Parkinson, Alzheimer y Huntington, cáncer de pulmón y enfermedades endémicas de la región. En las dos primeras líneas la propuesta implica que SEDIPFAR ejecute todo el trabajo de fase temprana, para luego asociarse con la industria farmacéutica y avanzar en el desarrollo de los fármacos y su patentamiento. En el último caso, está claro que el financiamiento estatal será clave para llevar adelante todo el proceso.

### El nuevo Laboratorio Max Planck, ¿qué nicho ocupa dentro del área de innovación y desarrollo?

Además de implicar la continuación lógica de nuestros trabajos conjuntos en el área de enfermedades neurodegenerativas, este nuevo laboratorio representa el soporte para la relación internacional de la plataforma. La Sociedad Max Planck, a través de Max Planck Innovation, creó el Lead Discovery Center, que es una plataforma de descubrimiento de fármacos a la que vamos a estar asociados a través de la Sociedad Max Planck, un vínculo fundamental para el ingreso de nuestra plataforma al mercado europeo. ■

### Formación

Claudio Fernández es investigador independiente del CONICET y director de la plataforma tecnológica de Servicio de Descubrimiento, Diseño y Desarrollo Pre-clínico de Fármacos de la Argentina (SEDIPFAR). Es además director del Laboratorio Max Planck de Biología Estructural, Química y Biofísica Molecular de Rosario.

Dirige también el Doctorado Internacional Conjunto en Biociencias Moleculares y Biomedicina (Argentina-Alemania), entre la Universidad Nacional de Rosario (UNR) y la Universidad de Göttingen, Alemania. Fernández se recibió de licenciado en Bioquímica y en Farmacia en la Universidad de Buenos Aires (UBA), donde además recibió su doctorado en Química Biológica.

Realizó posdoctorados en el Centro de Resonancia Magnética (CERM) de la Universidad de Florencia, Italia, y en el Instituto Max Planck de Química Biofísica en Göttingen, Alemania. Es además profesor titular de la Universidad Nacional de Rosario.

# Instrucciones para autores

**Gran parte de los artículos que publica Ciencia Hoy son enviados espontáneamente por sus autores. Cuanto mayor sea la participación de los investigadores y académicos en las páginas de la revista, mejor se cumplirán los objetivos de la *Asociación Ciencia Hoy* de lograr que la actividad científica obtenga reconocimiento social e intervenga en la modernización del país.**

## SECCIONES DE LA REVISTA

Ciencia Hoy alberga todas las ramas del saber, desde las humanidades y ciencias sociales hasta las disciplinas biológicas y fisicomatemáticas y sus respectivas tecnologías. Contiene las siguientes secciones regulares (las extensiones indicadas son orientativas):

**AQUÍ CIENCIA:** Informes y consideraciones (hasta unas 3000 palabras) sobre avances científicos o tecnológicos que hayan tenido lugar en la Argentina o el Uruguay. Redáctense siguiendo lo indicado para la sección *CIENCIA EN EL MUNDO*.

**ARTÍCULOS:** trabajos que expliquen investigaciones y sus resultados al público general y a colegas de otras disciplinas (hasta unas 3000 palabras).

**CARTAS DE LECTORES:** comentarios (hasta 300 palabras) sobre lo aparecido en números anteriores, sobre temas que se desee ver abordados o cualquier aspecto del quehacer científico y la educación superior. Los editores pueden publicar parcialmente una carta o modificar su texto para hacerlo más claro.

**CIENCIA EN EL AULA:** sugerencias y orientaciones sobre cómo presentar en clase determinados temas científicos, o cómo aprovechar mejor para su labor pedagógica lo publicado en la revista.

**CIENCIA EN EL MUNDO:** breves notas (hasta 1500 palabras) sobre alguna novedad científica o tecnológica importante. Es necesario que el autor introduzca brevemente el tema, señale su importancia y cite la fuente de la información.

**CIENCIA Y SOCIEDAD:** comentarios sobre algún aspecto del conocimiento o sus aplicaciones, que tenga o haya tenido particular impacto en la sociedad (hasta unas 3000 palabras).

**EL LECTOR PREGUNTA:** interrogantes sobre cuestiones científicas o humanísticas. En la medida en que no salgan del marco de la política editorial, se publican con su respuesta por un especialista.

**EL PASADO EN IMÁGENES:** fotografías de época de hechos pasados de significación histórica.

**ENSAYOS:** textos que el comité editorial considere de interés, pero que no respondan al concepto de divulgación científica o académica, ni quepan –por su dimensión especulativa y literaria– en la sección *OPINIONES*.

**GRAGEAS:** textos cortos (unas 300 palabras) que comenten –con indicación de la fuente– noticias significativas aparecidas en revistas científicas.

**HUMOR:** contribuciones escritas o gráficas que se refieran a la investigación, a la actividad académica, a la universidad, etcétera, y a los seres que pueblan esos extraños mundos.

**MEMORIA DE LA CIENCIA:** notas que analicen aspectos poco conocidos de la historia del conocimiento, las ideas científicas, la ciencia en general y la tecnología (hasta unas 3000 palabras).

**OPINIONES:** reflexiones fundadas sobre el conocimiento, la ciencia, la tecnología y la educación superior (hasta unas 1500 palabras).

## CÓMO ENVIAR UNA COLABORACIÓN

**Se ruega hacer llegar las colaboraciones por correo electrónico. No usar el formato .pdf para los textos, sino .doc o sus equivalentes. Remitir el material (e indicar dirección postal y electrónica del autor, así como números de teléfono) a:**

**CIENCIA HOY**
**Corrientes 2835, Cuerpo A, 5°A,**
**(C1193AAA) Ciudad de Buenos Aires**
**Tel./Fax: (011)4961-1824 y 4962-1330**
**E-mail: *pab@retina.ar***

## RECOMENDACIONES

**Redactar las contribuciones teniendo en cuenta que sus destinatarios no son especialistas. Imaginarse que el típico lector de la revista puede ser un profesor del secundario. Proceder, por lo tanto, como sigue:**

- Evitar el uso de jerga técnica; recurrir a términos equivalentes del lenguaje cotidiano; por ejemplo, en lugar de *osteopatía*, escribir *enfermedad de los huesos*. Cuando el uso de la jerga sea aconsejable o inevitable, definir *siempre*, con precisión pero de manera sencilla, el significado de los términos.
- Evitar el uso innecesario de expresiones matemáticas o químicas; cuando se las emplee, proporcionar también, hasta donde se pueda, una explicación intuitiva.
- Utilizar siempre el sistema internacional de unidades (*http://www.bipm.org/en/sil*). Si en alguna disciplina fuera usual no emplearlo, dar las equivalencias.
- Antes de enviar una contribución, entregársela a alguien ajeno al tema para que la lea y verificar si entendió lo que el autor quiso transmitir.
- Usar el lenguaje más sencillo posible. No emplear palabras extranjeras si hubiese razonables equivalentes castellanos. Evitar neologismos, muletillas y expresiones de moda.
- Las imágenes desempeñan un papel fundamental en la divulgación científica. Esfuércense los autores por obtener los dibujos y las fotografías que mejor ilustren su contribución.
- No incluir notas a pie de página ni referencias. Si se hace una cita textual, poner su fuente completa entre paréntesis en el texto. Agregar entre cuatro y seis lecturas, principalmente, obras de divulgación que se puedan encontrar en librerías o bibliotecas: evitar poner solo trabajos del autor, informes técnicos o artículos en revistas especializadas.

## ILUSTRACIONES

Enviar las ilustraciones en formato digital, en forma de archivos .tif, .gif, .eps, .bmp o .jpeg. Es imprescindible que tengan una definición mínima de 300dpi (puntos por pulgada) para un tamaño de 20 x 30cm. Las imágenes descargadas de internet por lo general carecen de esa resolución, a menos que el sitio lo indique claramente, por lo que no suele ser posible utilizarlas. Excepcionalmente también se pueden recibir ilustraciones impresas en papel fotográfico (revelado común), diapositivas o película negativa. Si la única posibilidad fuera reproducir una ilustración de un libro o revista, por favor escanearla con dicha definición.

## POLÍTICA EDITORIAL

Las contribuciones son evaluadas en primera instancia por el comité editorial que, si las considera de interés, las envía (siguiendo las reglas internacionales de anonimato e independencia) a dos árbitros que juzguen su calidad técnica.
Normalmente, las contribuciones sometidas a arbitraje regresan a los autores con observaciones, sugerencias o correcciones de los árbitros, más pedidos de ajuste de los editores, que los autores tienen entera libertad de aceptar o rechazar: de la decisión que tomen depende la aceptación final del trabajo por parte de la revista. Cuando Ciencia Hoy decide hacer conocer al autor, en parte o en todo, las opiniones de los árbitros, no revela los nombres de estos.
Toda nota aceptada para su publicación, luego de concluido el proceso de arbitraje pasa por un minucioso procesamiento de estilo: en la práctica, casi todas las contribuciones son redactadas nuevamente por el equipo editorial de la revista, para adaptarlas a las necesidades de los lectores. En todos los casos se solicita al autor que apruebe el texto reformado. El uso del idioma en la revista se ajusta a las normas y los criterios de castellano culto y, en especial, a lo establecido por la Real Academia Española, por lo que a veces no coincide con las prácticas de ciertas revistas científicas o tecnológicas.
Como cada número de la revista debe mantener un equilibrio de secciones y áreas del conocimiento, la publicación de los trabajos no necesariamente sigue el orden de su aceptación.
Toda comunicación entre autores y editores es canalizada por la secretaria del comité editorial en nombre de este y expresa la opinión colectiva de los editores.

**Javier F Botto**
Facultad de Agronomía, UBA
**Diego A Mata**
Instituto de Floricultura, INTA

# Investigación científica y plantas ornamentales

## Una mirada al futuro

### El mercado de las plantas ornamentales

La producción mundial de plantas ornamentales y de sus industrias subsidiarias genera anualmente un valor agregado de entre 250 a 400 mil millones de dólares, alrededor del 0,5% del producto bruto mundial. La industria florícola abarca, en líneas generales, cuatro grandes tipos de producción: (i) plantines y plantas en maceta; (ii) varas de corte de flores y follaje verde; (iii) árboles, arbustos y plantas de jardín, y (iv) materiales de propagación. Cada grupo incluye gran variedad de especies y está en continua evolución.

En la Argentina, según datos del censo florícola levantado en 2003, la producción de plantas ornamentales cubría una superficie de 2500 hectáreas, 650 de ellas en invernáculos. Había unos 1300 productores, la mitad en los alrededores de Buenos Aires. El país tiene un gran potencial florícola por la diversidad de sus ambientes ecológicos, que permiten cultivar plantas con distintos requerimientos de luz, temperatura, agua y nutrientes. Por otro lado, entre las plantas ornamentales que tienen éxito en los mercados internacionales, hay variedades que descienden de especies nativas de Sudamérica, e incluso de la Argentina, como petunias (*Petunia sp.*), begonias (*Begonia sp.*), verbenas (*Glandularia sp.*), portulacas (*Portulaca sp.*), calceolarias (*Calceolaria sp.*), calibrachoas (*Calibrachoa sp.*) y alstroemerias (*Alstroemeria sp.*).

La oferta de plantas ornamentales, sin embargo, es limitada en el país y, por lo general, de calidad inferior a la requerida por los mercados internacionales. Esto indica

**¿DE QUÉ SE TRATA?**

La investigación científico-tecnológica emprende diversos caminos para mejorar la calidad de las plantas ornamentales, entre ellos, estudia la acción de compuestos químicos que producen efectos de hormonas en procesos fisiológicos de esas plantas, manipula la temperatura y la luz en los invernáculos en que se cultivan y altera sus genes por procedimientos de ingeniería genética.

Izquierda: petunias (*Petunia sp.*) fotografiadas en la empresa Kientzler GmbH, Gensingen, Alemania. Derecha. begonia (*Begonia sp.*). Fotos Diego Mata (izquierda) y Pharaoh Hound, Wikimedia Commons (derecha)

una oportunidad para el sistema científico-tecnológico: proporcionar conocimiento a la actividad comercial para que haga un uso más eficiente de los recursos y mejore la calidad de sus productos.

En el mercado mundial, la producción de flores y plantas ornamentales está determinada principalmente por las preferencias de los consumidores, que la impulsan en determinada dirección y la someten a una creciente demanda de nuevas variedades y mayores estándares de calidad. De la mano de esa demanda, la investigación científico-tecnológica fue adquiriendo creciente importancia, porque en gran medida es la fuente de los nuevos productos.

Distintos criterios operan para determinar si una variedad puede alcanzar valor comercial. Para las flores de corte, por ejemplo, se considera la vida en florero, mientras que se busca que las plantas en maceta sean compactas y de una altura acorde con el tamaño de la maceta. Otros parámetros, comunes a todos los productos, incluyen tolerancia al estrés hídrico y térmico, resistencia a plagas y enfermedades, la duración del período de floración y el color de las flores. Estos caracteres son tenidos en cuenta en los programas de mejoramiento.

Igual que el resto de la producción agrícola, la de plantas ornamentales debe hacer uso racional de los recursos que utiliza y cuidar el ambiente en cuanto a consumo de energía y de agua, así como en la aplicación de herbicidas, insecticidas, fertilizantes u otros productos químicos, por ejemplo, los que apuntan a mejorar la arquitectura de la planta o a prolongar la vida de las flores una vez cortadas.

## La arquitectura de las plantas

La arquitectura de la planta es un parámetro de calidad para un número importante de especies ornamentales. Se prefiere tener plantas compactas a lo largo de toda la cadena de producción y distribución porque toleran mejor la manipulación mecánica y el manejo posterior a la cosecha. Además, requieren menos espacio en los lugares de producción y almacenamiento, y ocasionan menor costo de transporte.

El aumento de la compacidad se obtiene con reguladores que inhiben el metabolismo de las giberelinas, cuyo nombre proviene de una fitohormona llamada ácido *giberélico* –un compuesto que se aisló inicialmente del hongo *Gibberella fujikurio*– que produce crecimiento excesivo de tallos y brotes. Entre los reguladores químicos que inhiben la acción de las giberelinas se encuentran el *paclobutrazol* y el *cloromequat*, que se emplean en forma de solución y requieren personal entrenado, pues su efectividad depende de la dosis, la temperatura, el estado del cultivo, el momento de aplicación, la forma de aplicarlas (aspersión foliar o riego, según convenga), etcétera.

La preocupación por posibles consecuencias adversas de estos compuestos químicos para la salud humana o el ambiente llevó a buscar métodos alternativos para manipular la arquitectura de las plantas ornamentales. Uno es controlar el ambiente térmico y lumínico en el que se cultivan; otro es regular la expresión de genes asociados con la acción de las giberelinas. Las plantas están adaptadas a un rango muy variable de condiciones. Responden a señales ambientales –como luz y temperatura– y a señales endógenas –como fitohormonas– mediante mecanismos complejos de percepción de señales químicas que promueven o inhiben respuestas fisiológicas.

El incremento de las temperaturas nocturnas por encima de las diurnas permite desarrollar plantas más compactas, a diferencia de lo que ocurre cuando plantas similares son cultivadas en condiciones normales con temperaturas diurnas superiores a las nocturnas. La explicación de lo anterior es que el cambio en el ré-

gimen térmico nocturno desactiva el metabolismo de las giberelinas y, en consecuencia, inhibe el crecimiento celular. En países del norte de Europa como Dinamarca, Holanda y Alemania, es frecuente manipular las temperaturas nocturnas para controlar la altura de las plantas ornamentales. Es común hacerlo con especies como begonias, alegrías del hogar (*Impatiens sp.*), geranios (*Pelargonium sp.*) y petunias. Las bajas temperaturas diurnas en esos países facilitan estas medidas de manejo: no se requiere más que hacer funcionar de noche calefactores en los invernáculos. Esto es más difícil de hacer en regiones templadas más cálidas y subtropicales, en que las temperaturas diurnas e incluso las nocturnas son elevadas, y su disminución artificial en un invernáculo produce elevados costos de refrigeración, lo que impide su aplicación comercial.

Por su lado, la luz es la fuente de energía usada por las plantas para generar azúcares a partir del dióxido de carbono del aire por el proceso de fotosíntesis. Esos azúcares son necesarios para la actividad metabólica de la célula y para el crecimiento de hojas, tallos, raíces, flores y frutos. Además, la luz proporciona valiosa información sobre las condiciones del ambiente que rodea las plantas, las que la perciben por medio de unas proteínas específicas llamadas *fotorreceptores*, que tienen la particularidad de absorber fotones y emitir señales químicas. Estas generan las denominadas *vías de señalización molecular*, las cuales regulan la expresión de los genes cuya acción permite que las plantas ajusten su crecimiento a condiciones ambientales cambiantes a lo largo del día y de las estaciones.

Los fotorreceptores más conocidos son los *fitocromos* y los *criptocromos*, que advierten cambios en la calidad de la luz en el espectro entre el rojo-lejano (730nm), el rojo (660nm) y el azul (470 nm). Debido a las características ópticas de las hojas, determinadas principalmente por el color que les da la clorofila, la luz que llega a un dosel vegetal es absorbida en el espectro del rojo y azul, y reflejada en el rojo-lejano. En consecuencia, el aumento de la densidad de plantas reduce la relación entre luz roja y roja-lejana, señal que para ellas indica la presencia de vecinas. Esos cambios lumínicos promueven la elongación de estructuras como pecíolos y entrenudos, así como aumenta el crecimiento en altura y disminuye el número de brotes laterales.

Hay suficientes evidencias en el sentido de que es posible obtener plantas más compactas aumentando la mencionada relación entre luz roja y roja-lejana que reciben. Eso se puede hacer con filtros de color que modifiquen la luz que llega a las plantas. Hay, por ejemplo, polietilenos capaces de eliminar mayormente los fotones de rojo-lejano, y de esa manera aumentar hasta cinco veces dicha relación en la luz solar. Experimentos realizados con filtros y plantas de estrella federal (*Euphorbia pulcherrima*) y de salvia (*Salvia exserta*) han permitido aumentar la compacidad en una magnitud equivalente a la lograda con los productos químicos empleados para inhibir el crecimiento.

Otra forma de evitar el uso de reguladores químicos de crecimiento para obtener plantas compactas es alterar mediante procedimientos de ingeniería genética el metabolismo de las mencionadas giberelinas y la sensibilidad

Plantas híbridas derivadas de una especie del género *Impatiens* fotografiadas en la empresa Kientzler GmbH, Gensingen, Alemania. Foto Diego Mata

de la planta a esas fitohormonas. Se puede así reducir la expresión del gen (llamado *giberelina 20 oxidasa* o *GA20ox*) que actúa sobre una enzima relacionada con la síntesis de las giberelinas. También se puede aumentar la expresión del gen (llamado *giberelina 2 oxidasa* o *GA2ox*) que influye en la degradación de las giberelinas. Igualmente se ha probado con éxito alterar los genes que participan en los procesos señalización de las giberelinas, por ejemplo, provocar una mayor expresión del gen llamado GAI (*giberelina insensible*), lo que ha dado lugar a plantas pequeñas o enanas porque las hace insensibles a las giberelinas.

Arriba: estrellas federales (*Euphorbia pulcherrima*), llamadas en México flores de Navidad, expuestas a luz de diferente calidad, con la consiguiente modificación de la arquitectura de las plantas. La de la maceta de la izquierda, sometida a luz solar filtrada para que tenga más alta relación entre luz roja y roja-lejana, creció menos en altura y desarrolló entrenudos más cortos que la de la derecha, expuesta a luz solar sin modificar.
Abajo: cosecha de crisantemo margarita (*Dendranthema sp.*) cultivado a campo en Las Pampitas, Jujuy.

## La longevidad de las flores

Para lograr flores más longevas, se usan tratamientos químicos mediante soluciones con iones de plata, como el *tiosulfato de plata*, que se aplican a las flores cortadas para reducir la acción del etileno, otra fitohormona producida por las plantas que acelera la muerte celular y los procesos de maduración de las flores. En muchas especies de plantas ornamentales, el aumento de la producción de etileno produce la caída de yemas florales y de flores maduras; eso sucede, por ejemplo, en algunas variedades de rosas cultivadas en maceta. Como los iones de plata son tóxicos para los seres humanos y perjudiciales para el ambiente, se procura reemplazarlos por productos químicos más seguros. Por otra parte, se están desarrollando plantas ornamentales modificadas genéticamente para hacerlas menos sensibles a las señales dadas por el etileno.

La inhibición de la producción del etileno por las plantas se puede lograr haciendo descender la temperatura para disminuir la actividad metabólica y, con ello, la cantidad de oxígeno producido por la respiración celular. En algunas especies, los procesos de *senescencia* o muerte celular están acompañados del aumento transitorio de la producción de etileno y de la respiración; es el caso de claveles, orquídeas, suculentas del género *Kalanchoe*, campanillas (*Campanula sp.*) y rosas. En esos casos, la disminución de la temperatura ayuda a reducir la síntesis de etileno y, por lo tanto, restringe sus consecuencias negativas sobre la longevidad de las flores. Si bien así se limita el daño de las flores durante el almacenamiento y el transporte, no es un camino adecuado para prolongar su vida en florero. Tampoco es una práctica aplicable a todas las especies, porque una proporción importante de plantas ornamentales proviene de regiones tropicales y subtropicales, y requieren temperaturas de conservación superiores a 12°C.

Por otra parte, el bloqueo de la producción de etileno por parte de los tejidos de la planta tiene un uso limitado debido a que provoca deterioros en la calidad del producto, ya que dicha fitohormona regula otros procesos fisiológicos, entre ellos el crecimiento y la diferenciación celular de las raíces. Una práctica más efectiva ha sido bloquear el sitio de unión del etileno con su receptor mediante un inhibidor sintético de la acción del etileno. Para hacerlo, se ha recurrido a numerosos compuestos químicos, de los que actualmente solo el tiosulfato de plata y 1-metilciclopropeno (1-MCP) tienen importancia económica en floricultura. El primero es muy eficaz pero está prohibido en muchos países porque la plata, como metal

pesado, es perjudicial para la salud humana y ambiente. El segundo no es tóxico pero es menos eficaz. Ambos mejoran la conservación de las flores cosechadas de especies como claveles, campanillas, Santa Teresitas (*Schlumbergera truncata*), orquídeas (*Phalaenopsis sp.*) y rosas en maceta.

Otro recurso para lograr flores más longevas es alterar mediante ingeniería genética la vía de señalización molecular de la biosíntesis del etileno o la sensibilidad de la planta a este. Se ha comprobado que dos enzimas promueven la producción de etileno: se llaman *ACC sintasa* y *ACC oxidasa*, y sus efectos fueron estudiados en varias especies, como clavel, begonia y torenia (*Torenia sp.*). La manipulación por ingeniería genética de la expresión de los genes que codifican a ambas enzimas permitió disminuir la producción de etileno por la planta y, de esa manera, retrasar la senescencia de la flor, aumentar la cantidad de flores y hasta triplicar la vida de estas en florero.

Sin embargo, las plantas genéticamente modificadas para producir poco etileno conservan su sensibilidad al etileno contenido en el ambiente circundante, por lo que es previsible que, para lograr las mejoras buscadas, una herramienta más eficaz que bloquear la producción del compuesto sea bloquear los mecanismos de su percepción. Experimentos realizados con plantas del género *Arabidopsis* –una de cuyas especies (*A. thaliana*) fue la primera planta con su genoma completo secuenciado, en 2000–, que están genéticamente emparentadas con el coliflor y el brócoli, permitieron identificar la vía de percepción y señalización del etileno. Uno de los genes que influye en la actividad de un receptor de etileno se llama ETR1; se ha demostrado que una mutación de ese gen priva a la planta de sensibilidad al etileno. La introducción por ingeniería genética de ese gen mutado de *Arabidopsis* en petunias retrasó la caída y la senescencia de las flores, aunque también produjo efectos no deseados, como la menor capacidad de producir raíces en gajos (o *esquejes*) plantados para obtener una planta nueva y la disminución de la viabilidad del polen. Para evitar que la falta de sensibilidad al etileno produzca efectos negativos en otros órganos de la planta, se recurrió a la inserción del gen mutado ETR1 bajo el control de un promotor génico que solo se expresa en la flor. Ese tipo de construcciones transgénicas fue exitoso en claveles (*Dianthus caryophyllus*), campanillas, *Kalanchoe sp.*, y orquídeas de los géneros *Odontoglossum* y *Oncidium*.

Izquierda: uno de los autores de este artículo, Diego Mata, con estrellas federales (*Euphorbia pulcherrima*) en el Instituto de Floricultura del INTA. Abajo, izquierda: rosa. Abajo, derecha: orquídeas (*Phalaenopsis sp.*) cultivadas en Holanda.

# MEJORAMIENTO DE ESPECIES ORNAMENTALES A PARTIR DE LA FLORA NATIVA

**Gabriela Facciuto**
Instituto de Floricultura, INTA

El mercado internacional de plantas ornamentales es muy dinámico y se muestra ávido de incorporar nuevas variedades. En Japón, por ejemplo, se presentan por año alrededor de 350 de ellas al comercio minorista. La riqueza florística de la región sudamericana es muy amplia y constituye la fuente de un importante número de especies que han originado numerosas plantas ornamentales, entre ellas, variedades comerciales de petunias, verbenas, portulacas, calceolarias, begonias, calibrachoas y alstroemerias, que en muchos casos provienen incluso de especies nativas del territorio argentino. La amplia diversidad climática y geográfica de este alberga gran diversidad de especies con potencial ornamental.

La flora vascular de la Argentina comprende un total de 248 familias, 1927 géneros y 9690 especies. Esto constituye una importante fuente de recursos genéticos para desarrollar productos susceptibles de explotación comercial. Si bien históricamente el país no ha recibido retribución por sus recursos nativos ornamentales, hoy el Convenio sobre Diversidad Biológica, que entró en vigencia en diciembre de 1993, brinda un marco jurídico para que los países proveedores de germoplasma puedan obtener esa remuneración.

El mejoramiento de plantas ornamentales a partir de especies nativas requiere realizar múltiples actividades, entre ellas, la recolección de germoplasma en zonas de origen o distribución de las especies, la domesticación de estas, su caracterización en condiciones de invernáculo, su mejoramiento genético, su evaluación en distintas zonas agroecológicas y su producción comercial para ingresar en el mercado. Si uno de esos pasos no se da de manera adecuada, las posibilidades de éxito son escasas.

El objetivo de los planes de mejoramiento de plantas ornamentales es obtener ejemplares con buenos atributos. El consumidor aprecia hoy las plantas compactas –ramificadas desde su base y con entrenudos cortos–, de floración prolongada y aptas para su cultivo en maceta por su follaje equilibrado. La facilidad de cultivo es indispensable para que el producto sea aceptado.

Para obtener esos atributos en plantas que descienden de la flora nativa se realizan tareas de mejoramiento, que incluyen la selección de ejemplares provisorios y cruzamientos dirigidos en la dirección deseada, una labor que lleva a cabo personal científico y técnico especializado.

Desde 1999, con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, se formó en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria un grupo de investigadores especializados en el mejoramiento genético de plantas ornamentales a partir de especies nativas del territorio argentino. A la fecha, el INTA registró más de diez variedades que provienen de especies como nirembergias (*Nierembergia sp.*), guaranes (*Tecoma sp.*) lapachos (*Handroanthus sp.*), mecardonias (*Mecardonia sp.*), calibrachoas y verbenas, entre otras. También avanzó en la domesticación de plantas nativas para follaje de corte, por ejemplo helechos nativos de las especies *Niphidium crassifolium*, *Phlebodium areolatum* y *Campyloneurum auritum*, cuya vida en florero excede los treinta días.

Parcelas experimentales con plantas nativas en el Instituto de Floricultura del INTA, en Hurlingham. Foto María Julia Pannunzio

Otra fitohormona que tiene efectos sobre la longevidad y la calidad de las flores es la *citoquinina*, que retrasa la senescencia por interferir en la síntesis de etileno. Se observó en petunias y rosas que cuando se incrementa la expresión de la *enzima isopentyl transferasa*, que cataliza la síntesis de citoquinina en las plantas, se inhiben los procesos de senescencia. Para evitar efectos no deseados en otros tejidos del aumento de citoquinina, se recurrió a un promotor génico que solo se expresa durante la senescencia.

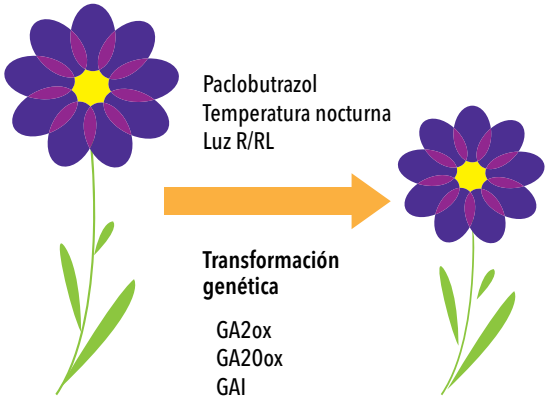
## El color de las flores

La transformación genética de plantas ornamentales no solo es utilizada para alterar la producción de ciertas fitohormonas y su sensibilidad a ellas sino, también, para modificar el color de las flores por la manipulación de las vías de biosíntesis de los pigmentos. El aislamiento de un gen que participa en la síntesis de la *antocianina*, uno de los pigmentos que dan a las flores de especies como petunias

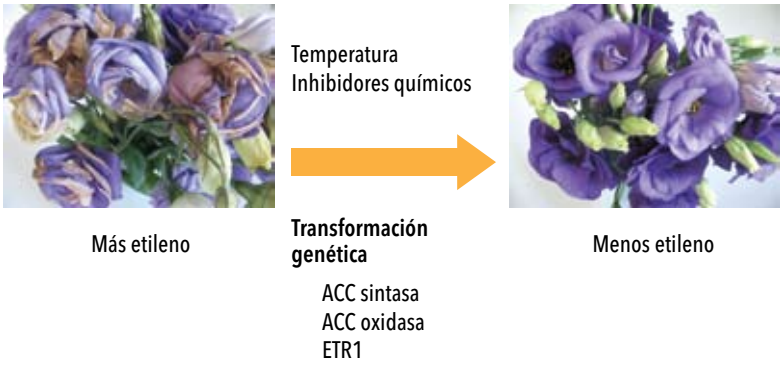
Clavelinas (*Dianthus sp.*). Foto Wikimedia Commons

Orquídea del género *Odontoglossum*. Foto Wikimedia Commons

### MÉTODOS USADOS PARA OBTENER PLANTAS ORNAMENTALES COMPACTAS Y PROLONGAR LA VIDA DE LAS FLORES CORTADAS




La planta que en condiciones normales se desarrolla como lo indica el gráfico de la izquierda puede llevarse al tamaño de la derecha si se recurre a inhibidores de crecimiento (entre ellos el paclobutrazol), si se manipula la temperatura nocturna de su ambiente o si se cambia la relación entre la luz roja y la roja-lejana que recibe. También se puede lograr ese objetivo por la alteración del metabolismo o de la señalización de las giberelinas, mediante una transformación genética que aumente la expresión de los genes giberelina 2 oxidasa (GA2ox) o giberelina insensible (GAI), o disminuya la expresión del gen giberelina 20 oxidasa (GA20ox).




Las disminución de la temperatura ambiental puede prolongar la vida de las flores cortadas, algo que también se logra recurriendo al uso de inhibidores químicos de la producción de la fitohormona etileno, entre ellos las enzimas llamadas ACC sintasa y ACC oxidasa. Igualmente es posible reducir el efecto del etileno mediante transformación genética, por ejemplo por mutación del gen llamado ETR1, un receptor de etileno. Las fotos muestran el estado de flores de lisiantos (*Eustoma sp.*) un tiempo después de cortadas sin (izquierda) y con (derecha) la aplicación de estas medidas.

y violetas (*Viola sp.*) su característico color azul-violeta, logró que otras especies ornamentales en las que se lo introdujo por ingeniería genética también adquirieran ese color. Así, una empresa australiana comercializa con éxito rosas y claveles con flores azul-violáceas, y hay investigaciones en curso para transformar –por la manipulación de las vías de señalización de la síntesis de pigmentos como carotenoides y antocianinas– los colores de flores de ciclamen (*Cyclamen persicum*), genciana (*Gentiana triflora*) y loto (*Lotus japonicus*), entre otras especies.

Variedades de gerbera (*Gerbera jamesonii*) mantenidas experimentalmente a 20°C para evaluar su durabilidad.

De lo expuesto se pueden deducir algunos lineamientos que orienten la investigación científica futura para permitir que se produzcan plantas ornamentales de mejor calidad comercial y sin repercusiones ambientales adversas. Ante todo se advierte la necesidad de aumentar nuestra comprensión de los mecanismos moleculares que participan en los procesos de desarrollo de las plantas, los cuales están finamente controlados por la acción de las fitohormonas. Entender mejor cómo funcionan plantas modelo, por ejemplo, la citada *Arabidopsis thaliana*, parece un camino promisorio. Con más amplio conocimiento sobre cómo las hormonas regulan el funcionamiento de las plantas, será posible alterar en el sentido deseado su arquitectura y otros caracteres mediante la manipulación genética de las vías de señalización molecular. Las técnicas de secuenciación del ADN y ARN pueden combinarse con el mejoramiento tradicional para introducir nuevos rasgos deseables.

## Plantas ornamentales con valor económico

| Producto | Especie |
|---|---|
| Plantines y plantas en maceta para canteros e interiores. | Petunia, pensamiento, prímula, ciclamen, mecardonia, calibrachoa, estrella federal, dracena, potus. |
| Varas de corte de flores y de follaje verde. | Rosa, clavel, crisantemo, azucena, gerbera, alstroemeria, gipsofila, limonium, helecho cuero, helecho plumoso. |
| Árboles, arbustos y plantas para jardín | Rosa, evónimo, abelia. |
| Material de propagación: semillas, esquejes y bulbos. | Ciclamen, tulipán, azucena, clavel, gipsofila. |

## LECTURAS SUGERIDAS


**MATA DA** & **BOTTO JF**, 2009, 'Manipulation of light environment to produce high-quality plants of Poinsettia', *HortScience*, 44: 702-706.

**MORISIGUE D** *et al.*, 2012, *Floricultura. Pasado y presente de la floricultura argentina*, Ediciones INTA, Buenos Aires.

**TAIZ L** & **ZEIGER E**, 2010, *Plant Physiology*, Sinauer Associates, Sunderland, Mass.

**Javier F Botto**

Doctor en ciencias biológicas, FCEYN, UBA.
Profesor adjunto de fisiología vegetal, Facultad de Agronomía, UBA.
Investigador independiente del Conicet en el Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas a la Agricultura (IFEVA).
*botto@agro.edu.ar*

**Diego A Mata**

Ingeniero agrónomo, Facultad de Agronomía, UBA.
Magíster en producción vegetal, Facultad de Agronomía, UBA.
Investigador del Instituto de Floricultura, INTA.
*mata.diego@inta.gob.ar*

**Gabriela Facciuto**

Ingeniera agrónoma, Facultad de Agronomía, UBA.
Doctora en ciencias biológicas, FCEYN, UBA.
Investigadora del Instituto de Floricultura, INTA.
*gfacciuto@cnia.inta.gov.ar*

# Los premios Nobel 2013

¿Cuáles son las contribuciones al conocimiento realizadas por los ganadores de premios que, a lo largo de más de un siglo, se convirtieron en uno de los mejores mecanismos del mundo para identificar avances cruciales de las ciencias?

**ECONOMÍA**

**Enrique Kawamura**
**Walter Sosa Escudero**
Universidad de San Andrés

## ¿Por qué el Nobel a economistas de los mercados financieros?

Tres economistas estadounidenses recibieron este año el premio de economía: Eugene Fama (nacido en 1939) y Lars Peter Hansen (nacido en 1952), de la Universidad de Chicago, y Robert J Shiller (nacido en 1946), de la Universidad de Yale. Fueron pioneros en el estudio de los diversos instrumentos financieros que cotizan en bolsas, como acciones, bonos y derivados, y ganaron el premio por su *análisis empírico de los precios de activos financieros*, en palabras de la entidad que lo otorga. No es la primera vez que economistas dedicados al estudio de mercados financieros resultaron galardonados con el Nobel, aunque, para buena parte de quienes son ajenos a la disciplina económica, ese tipo de estudios parece carecer de rigor científico, al punto de que la imagen popular del comportamiento del mercado de capitales no es muy distinta de la de un casino.

Eugene Fama

Sin embargo, existen varias razones que hacen relevante el estudio de los precios de los activos financieros y, por lo tanto, resaltan el aporte de los tres galardonados. Entre ellas se cuentan que esos precios suelen ser indicadores de la evolución futura de la producción y del empleo de mano de obra en distintos sectores. También son indicadores que ayudan a predecir crisis como la registrada en los Estados Unidos entre 2007 y 2008. Hay, pues, suficientes argumentos para aconsejar estudio sistemático y científico de tales precios.

## Eugene Fama y la eficiencia informativa

De los tres premiados, Fama abrió rumbos en el estudio empírico sistemático de los precios de los activos financieros y de los retornos proporcionados por ellos. Sus contribuciones pueden dividirse en dos grandes grupos. El primero se refiere a la *eficiencia informativa* de los mercados de capitales, nombre que apunta a establecer en qué medida el precio de dichos activos refleja toda la información relevante sobre los factores que determinan ese precio. Sistematizó su análisis mediante la definición de tres grados sucesivos de eficiencia informativa: (i) eficiencia informativa *débil*, cuando el precio solo incorpora información pública pasada; (ii) eficiencia informativa *semifuerte*, cuando, además de la anterior, el precio incorpora información pública contemporánea, y (iii) eficiencia informativa *fuerte*, cuando el precio también incorpora información privada o interna de la respectiva empresa (*inside information*), es decir, refleja todo tipo de

información relevante. Con esta clasificación, el análisis empírico permite determinar el grado de predictibilidad de los retornos de los activos en función de retornos pasados y de otras variables de conocimiento público.

Los estudios de Fama y de otros economistas llevaron a concluir que, para datos de precios de frecuencia diaria, los mercados tienden por lo general a comportarse en el marco de la eficiencia informativa débil o, en algunos casos, semifuerte. Por ello, la posibilidad de especular sobre la base de los retornos previsibles es cuantitativamente muy baja. El nivel de predictibilidad solo aumenta para plazos más largos.

La clasificación de la eficiencia informativa trascendió el estudio empírico de los precios de los activos. Resultó clave para el crecimiento de una rama de los estudios financieros, los de la *microestructura del mercado*, que analiza los mecanismos y procesos específicos de operación de los mercados. Una de las preguntas relevantes que intenta responder es qué mecanismos ayudan a que el precio de mercado de los activos financieros incorpore más rápidamente la información privada. A partir de esos estudios se han establecido métodos para inferir el grado de transacciones ilegales hechas valiéndose de información confidencial (*insider trading*) reinante en mercados de acciones.

En la década de 1960, William Sharpe (que recibió el premio Nobel de economía en 1990), John Litner y otros desarrollaron un modelo de valoración de activos conocido por CAPM (*Capital Asset Pricing Model*), que continúa como la referencia básica para explicar las diferencias en retornos esperados de distintos activos. Entre otros, Fama contribuyó a la generalización y el perfeccionamiento de los métodos de contrastación empírica del modelo y a agregarle nuevas variables, como el cociente entre el valor en libros y el valor de mercado. Esas correcciones fueron adoptadas para explicar características de los precios de activos, como las analizadas por la microestructura del mercado.

## Lars Peter Hansen y los modelos teóricos de valuación

En la década de 1970, Robert Lucas (que recibió el Nobel de economía en 1995) analizó las limitaciones de los modelos macroeconómicos keynesianos entonces aceptados para identificar y predecir los efectos de las políticas económicas. Su análisis es hoy conocido como la crítica de Lucas, una respuesta que se debe a Christopher Sims (premio Nobel de economía en 2011), quien sugirió recurrir a un sistema estadístico dinámico, llamado de *vectores autorregresivos*.

Hansen adoptó una ruta diferente, la del *método generalizado de momentos*, que es una extensión del clásico método estadístico y permite que la cantidad de restricciones impuestas por la teoría exceda el número de parámetros a estimar. Para aplicarlo utilizó un modelo de valuación de activos financieros creado por Lucas en 1978, que se había convertido en uno de los instrumentos teóricos más importantes después del modelo CAPM.

Lars Peter Hansen

Robert J Shiller

A comienzos de la década de 1980 y en colaboración con Kenneth Singleton, sometió a dicho modelo de Lucas a su primera prueba empírica importante utilizando datos sobre consumo de los Estados Unidos sobre retornos de acciones cotizadas en la bolsa de Nueva York. Su trabajo originó decenas de artículos a lo largo de treinta años que procuraron, con éxitos solo parciales, superar las limitaciones del modelo para que sus resultados fuesen consistentes con los datos empíricos.

El trabajo de Hansen guió una parte sustancial de la economía empírica de los últimos treinta años. Su influencia fue más allá de la macroeconomía y las finanzas, y alcanzó áreas como la economía laboral o la organización industrial.

## Robert J Shiller y la predictibilidad de los retornos en el largo plazo

La primera contribución de peso de Shiller fue mostrar que el nivel de predictibilidad en el largo plazo de los valores de los activos financieros es mayor que en el corto plazo. Comprobó que el error de predicción –definido como la diferencia entre el precio observado y el precio que predice un modelo teórico basado en los dividendos– está correlacionado con el propio precio observado.

Dada esa conclusión, no buscó explicar los rendimientos en el largo plazo mediante nuevos métodos empíricos. Buscó, en cambio, tomar en cuenta variables psicológicas y modas que pudiesen tener efecto directo en el precio de los activos, especialmente las relacionadas con comportamientos de masas. Las conclusiones de sus primeros trabajos fueron confirmadas por estudios empíricos basados en encuestas de inversores. Sus ideas merecieron un reconocimiento importante cuando explicó irregularidades en mercados de activos financieros y, especialmente, en el mercado de viviendas. Con su co-

lega Karl Case analizó el comportamiento de un índice de precios de viviendas que habían ideado, e infirió la existencia de burbujas inmobiliarias en ciudades de los Estados Unidos como Boston.

Sus trabajos aumentaron el interés por los factores de comportamiento en los modelos económicos y en las teorías que tomaban ideas de la psicología, como la desarrollada por Daniel Kahneman (premio Nobel de economía en 2002) y Amos Tversky. Ese interés tomó envergadura y generó lo que algunos llaman las finanzas del comportamiento (*behavioural finance*), una rama que ganó influencia, especialmente después de las crisis financieras de los Estados Unidos y Europa. Los libros de divulgación escritos por el propio Shiller sobre cómo los factores de comportamiento pueden distorsionar las predicciones sobre retornos de los modelos estándar apuntalaron ese incremento de influencia.

### LECTURAS SUGERIDAS

**REAL ACADEMIA SUECA DE CIENCIAS**, 2013, 'Understanding asset prices', en *http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/2013/advanced-economicsciences2013.pdf.*

**Enrique Kawamura**
PhD en economía, Universidad de Cornell.
Profesor asociado del departamento de economía, Universidad de San Andrés.
*kawa@udesa.edu.ar*

**Walter Sosa Escudero**
PhD en economía, Universidad de Illinois.
Profesor asociado del departamento de economía, Universidad de San Andrés.
*wsosa@udesa.edu.ar*

**FÍSICA**

**Ricardo Piegaia**
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA

# El bosón de Higgs y el origen de la masa

El galardón de física 2013 fue otorgado al belga François Englert (nacido en 1932), de la universidad Libre de Bruselas, y al británico Peter Higgs (nacido en 1929), de la Universidad de Edimburgo, por *el descubrimiento teórico del mecanismo que contribuye a nuestra comprensión del origen de la masa de las partículas subatómicas, que fuera confirmado recientemente por el descubrimiento de la partícula fundamental predicha con los experimentos Atlas y CMS en el gran colisionador de hadrones del CERN*, en palabras de la Real Academia Sueca. ¿Qué quiere decir esto?

El concepto de masa resulta de la ley de Newton que establece la siguiente relación entre la fuerza (F) aplicada a un cuerpo y la aceleración (a) que este alcanza: $F = ma$. La masa indica la resistencia de un objeto a moverse: como se advierte, un cuerpo de 100kg requiere diez veces más fuerza que uno de 10kg para alcanzar la misma aceleración. El kilogramo, a su vez, se definió como la masa de un objeto cilíndrico patrón, de 39,17 milímetros de altura y diámetro, construido de cierta aleación de platino-iridio. Intuitivamente se tiende a confundir masa con peso, que es la fuerza sufrida por los cuerpos debido a la atracción gravitatoria de la Tierra. La masa, sin embargo, es independiente de la gravedad: en el espacio interplanetario, con gravedad nula, los objetos no caen, pero para desplazarlos se sigue necesitando una fuerza de intensidad proporcional a su masa.

Comprender el concepto de masa no explica su origen. Para ello hay que considerar la composición de los cuerpos. A lo largo de siglo XX la física avanzó en su comprensión de la estructura de la materia, la que culminó con una construcción matemática llamada el *modelo estándar* de las interacciones fundamentales. Según ese modelo, todo –las flores, la gente, las estrellas, los planetas– está hecho de unos pocos constituyentes: las *partículas elementales*. Estas son objetos puntuales (con la extensión de un punto, o sea, teóricamente, sin tamaño) que interactúan entre ellos a distancia, como dos imanes que se repelen o se atraen sin tocarse.

Que la materia esté compuesta por objetos sin dimensión rodeados de vacío contradice la experiencia diaria, para la cual los cuerpos que nos rodean son macizos. Así nos resultan por dos razones. Primero, al apoyarnos en una mesa no la atravesamos porque las partículas que constituyen nuestro cuerpo se repelen fuertemente con las que constituyen la mesa. Segundo, porque la luz visible a la que estamos acostumbrados rebota en los cuerpos en vez de atravesarlos, pues si bien ellos están hechos de vacío y objetos puntuales, dicha luz rebota en esos objetos sin tamaño, aunque luces de mayor energía que la

visible, como los rayos X y los rayos gama, atraviesan la materia sin mayor dificultad.

Si intuitivamente asociamos más masa con más tamaño, ¿qué sentido tiene hablar de la masa de un objeto puntual? El muón, en efecto, que es una partícula elemental, tiene una masa 208 veces mayor que el electrón, otra partícula elemental. La respuesta de Englert y Higgs es que el universo está permeado de una energía, hoy denominada el campo de Higgs, que actúa como una melaza cósmica que interactúa con las partículas. Las que interactúan mucho con esa melaza tienen elevada masa y cuesta moverlas; las que interactúan menos con la melaza tienen menos masa y se las mueve más fácilmente. Y las que no interactúan, como el fotón, la partícula que transmite la luz, carecen de masa. La masa no es otra cosa que la medida de cuánto interactúa una partícula con el campo de Higgs. Se dice que este las dota de masa: si no existiera, todas las partículas elementales tendrían masa cero y se moverían por el espacio a la velocidad de la luz. No habría átomos, y no existiríamos nosotros.

Englert y Higgs llegaron a esta explicación tratando de resolver otra cuestión: la masa es incompatible con las simetrías del modelo estándar. Para la física y la matemática, una simetría es una propiedad de un sistema que se conserva cuando este se transforma, como la longitud de una regla cuando se la mueve o gira en el espacio, el aspecto de un obelisco al rotarlo 90 grados alrededor de su eje, o la fachada del Cabildo al invertirla de izquierda a derecha. En 1954, los físicos teóricos Chen Ning Yang (nacido en 1922) y Robert Mills (1927-1999) mostraron que todas las interacciones fundamentales eran el resultado de que la naturaleza trataba de mantener ciertas simetrías, como la conservación de la carga eléctrica en el caso del electromagnetismo, o la conservación de la energía y el momento en el caso de la gravedad de Einstein. Basar una teoría en un concepto tan fundamental como las simetrías de la naturaleza le confiere importantes propiedades matemáticas que aseguran su consistencia interna. Sin embargo, una consecuencia directa de las simetrías en que se basa el modelo estándar es que las partículas elementales que lo componen requieren tener masa cero. Dicho de otro modo, la observación experimental de que las partículas tienen masa viola las simetrías en que la propia teoría se apoya.

En 1960, el profesor de la Universidad de Chicago Yoichiro Nambu (nacido en Tokio en 1921) señaló un camino para salir del dilema anterior: mostró que las leyes de la física pueden poseer ciertas simetrías que no se observan en la naturaleza. Ello le valió el premio Nobel en 2008. Su idea fue la *ruptura espontánea de la simetría* y puede explicarse considerando un lápiz cilíndrico en posición vertical apoyado sobre su punta en el centro de una mesa circular. Se dice que es una situación de simetría rotacional, pues desde cualquier posición alrededor de la mesa se ve lo mismo: todas las direcciones de la mesa son equivalentes. Si el lápiz cae, sin embargo, termina apuntando en una dirección determinada. La simetría inicial se rompe y las posiciones alrededor de la mesa dejan de ser equivalentes, a pesar de haber partido de una situación con simetría rotacional.

François Englert

Peter Higgs

En 1964 tres grupos de físicos mostraron matemáticamente cómo aplicar el mecanismo de rotura espontánea de la simetría al dilema de la masa. El modelo estándar equivaldría al lápiz vertical, que obedece la simetría de rotación. El mundo que observamos, al lápiz horizontal, que tuvo que elegir una dirección. Así, de entre muchas posibilidades equivalentes, simétricas entre sí, nuestro universo tuvo que elegir una, en la que la simetría no es evidente, en la que existe el campo de Higgs como la melaza que impregna el espacio, y en la que las partículas elementales adquirieron masa. Es decir, aunque las leyes de la física sean simétricas, pueden dar lugar a un universo que no manifieste esa simetría.

Los primeros en publicar esta idea fueron François Englert y su colega Robert Brout (1928-2011). Peter Higgs la publicó dos semanas más tarde, pero fue el primero en señalar que la teoría predecía la existencia de una nueva partícula: el ahora famoso bosón que lleva su nombre. *Bosón* es un término técnico para referirse a cierta clase de partículas, entre ellas las que se ven igual desde cualquier dirección que se observen (técnicamente, tienen *espín cero*). De manera paralela y sin conocer lo hecho público por los anteriores, otros tres físicos, el británico Tom Kibble (nacido en 1932), del Imperial College de Londres, y los estadounidenses Carl Hagen (nacido en 1937), de la Universidad de Rochester, y Gerald Guralnik (nacido en 1936), de la Universidad Brown, escribían un trabajo que enviaron a publicar al mes de haber salido el de Higgs. Se puede suponer que Brout hubiera compartido el Nobel de haber vivido, y quizá los otros tres lo hubieran recibido de permitirse más de tres galardonados simultáneos.

Para verificar de modo experimental la teoría se puso en movimiento la búsqueda del bosón de Higgs, que terminó popularmente conocido (no entre los físicos) como la partícula de Dios, por el título de un libro de divulgación sobre el tema. Esa búsqueda –como la de otras partículas– se basó en una de la leyes más famosas de la física, $E = mc^2$, que indica la equivalencia de la masa y la energía. Así, la masa se transforma en energía en

centrales nucleares, donde la primera desaparece y se obtiene energía térmica (que se a su vez se transforma en eléctrica). El proceso inverso tiene lugar en un colisionador, donde la energía cinética de las partículas se transforma parcialmente en masa, esto es, en nuevas partículas. La búsqueda del bosón de Higgs se realizó en varios colisionadores de distinta energía, entre ellos el que tuvo éxito, el gran colisionador de hadrones, emplazado en el laboratorio del Centro Europeo de Investigación Nuclear (CERN), en la frontera franco-suiza cerca de Ginebra.

La búsqueda culminó el 4 de julio de 2012, cuando se anunció en el CERN en una conferencia de prensa –en la que estuvieron presentes Englert, Higgs y Kibble– que en dos experimentos llamados respectivamente Atlas (del que son miembros la UBA y la Universidad Nacional de La Plata) y CMS se había detectado la largamente buscada partícula, y que sus propiedades comprobadas coincidían exactamente con las predichas por la imaginativa teoría concebida cuarenta y nueve años antes.

Sin embargo, este no es el final de la historia. Con el bosón de Higgs incorporado, el modelo estándar explica todos los resultados experimentales hallados a la fecha, pero es incompleto. No incorpora la interacción gravitatoria, no incluye la materia oscura que compone más de un cuarto del universo y no describe la naturaleza de la energía oscura, considerada responsable de la expansión cósmica, por citar unos ejemplos. La búsqueda de las leyes que gobiernan la naturaleza continúa.

### LECTURAS SUGERIDAS

**DOVA MT**, 1998, 'En busca del origen de la masa', Ciencia Hoy, 8, 47: 60-66.

**LEDERMAN L** & **TERESI D**, 1993, *The God Particle. If the Universe Is the Answer, What Is the Question?*, Dell Publishing, Nueva York.

**RANDALL L**, 2013, *Higgs' Discovery: The Power of Empty Space*, Bodley Head.

**REAL ACADEMIA SUECA DE CIENCIAS**, 2013, 'Here at last!', en *http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2013/popular-physicsprize2013.pdf.*

**Ricardo Piegaia**

PhD en física, Universidad de Yale.
Investigador principal del Conicet en el Instituto de Física de Buenos Aires.
Profesor titular de la FCEYN, UBA.
*aia@df.uba.ar*

## MEDICINA O FISIOLOGÍA

**Alberto Díaz Añel**
Instituto de Investigación Médica
Mercedes y Martín Ferreyra, Conicet-UNC

# Nuestro tráfico celular de cada día

El premio Nobel de fisiología o medicina fue otorgado a tres investigadores, en palabras de la Real Academia de Suecia, *por sus descubrimientos de la maquinaria que regula el tráfico vesicular, el mayor sistema de transporte en nuestras células*. Los galardonados fueron tres norteamericanos, James Rothman (nacido en 1947), de la Universidad de Yale, Randy Schekman (nacido en 1948), de la Universidad de California en Berkeley, y Thomas C Südhof (nacido en Alemania en 1955), de la Universidad de Stanford.

Para comprender la importancia del trabajo de los nombrados, primero tenemos que sumergirnos en un mundo microscópico. Nuestro cuerpo –así como también las plantas, los animales y toda criatura viviente de nuestro planeta– está formado por millones de células, las unidades básicas de la vida. La complejidad del cuerpo humano se debe en gran parte al alto grado de especialización de nuestras células: tenemos más de doscientos tipos de ellas, entre las que se cuentan las neuronas, que transmiten información por todo el organismo y almacenan memorias en el cerebro; los hepatocitos, que protegen de sustancias tóxicas; las células del páncreas que producen insulina, y los cardiocitos que mantienen el ritmo del corazón. La gran variabilidad de las células abarca tanto su morfología y su tamaño como sus funciones.

Pero a pesar de sus diferencias, todas las células tienen algunos mecanismos en común relacionados con sus funciones básicas, una de las cuales es el *transporte* o *tráfico intracelular*. Las células son capaces de producir componentes de su propia estructura, particularmente miles de proteínas. Pero esas proteínas, así como otras moléculas clave para la vida de la célula, deben ser transportadas en el momento adecuado desde su punto de origen hasta su lugar exacto de destino dentro de la misma célula. De ahí la importancia del tráfico intracelular, realizado por mecanismos que están regulados con la mayor precisión para evitar errores

que serían desastrosos. Los investigadores premiados estudiaron en detalle dichos mecanismos.

Para llevar a cabo el tráfico en cuestión, las células hacen uso de unos pequeños medios de transporte conocidos como *vesículas*. Podemos imaginar las vesículas como minúsculas burbujas que llevan carga en su interior o en su superficie, que salen de un compartimento celular interno –como el retículo endoplásmico, donde se produce gran parte de las proteínas celulares– y se dirigen a otro sitio dentro de la célula, en el que esa carga es requerida. Así, la insulina –que químicamente es una proteína generada dentro de las células pancreáticas– resulta transportada por las vesículas a la superficie de esas células, sale de ellas y se distribuye al resto del cuerpo por el torrente sanguíneo. El mecanismo regulatorio conduce las vesículas cargadas de manera precisa desde el lugar donde las proteínas se forman (o *sintetizan*), en el que las cargan, hasta el lugar en que deben entregarlas, en el que las descargan.

Schekman estudió los procesos de regulación del tráfico en unos organismos sencillos, las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), que son los hongos responsables de la fermentación del pan, la cerveza y el vino. Aunque simples, tienen muchas características en común con nuestras células, lo que le permitió identificar y describir un gran número de los componentes que intervienen en la regulación de su tráfico vesicular. Sus investigaciones significaron un gran aporte a la industria biotecnológica, pues permitieron obtener en gran escala productos farmacológicos, entre otros insulina, interferón y la vacuna contra la hepatitis B.

Por su lado, Rothman estudió el transporte celular de los mamíferos y descubrió un grupo de proteínas especializadas que asegura la llegada de la carga de las vesículas al lugar correcto. Están en la superficie de las vesículas y reconocen a otras proteínas solo presentes en la ubicación de destino, lo que permite que las membranas de la vesícula y del sitio de descarga se fusionen como si fueran dos gotas de aceite. Así, la carga termina donde debía llegar.

Südhof investigó células nerviosas o neuronas, que transmiten información por procesos electroquímicos en que intervienen los *neurotransmisores*, unas moléculas también transportadas a destino por vesículas. Los neurotransmisores se acumulan en los *axones*, fibras nerviosas que se encuentran en uno de los extremos de las neuronas. Cuando les llega el impulso nervioso, las vesículas se fusionan con la membrana del axón y liberan gran cantidad de neurotransmisores, los cuales se dirigen a la puerta de entrada de la siguiente neurona, una prolongación conocida como *dendrita*. Se inicia así una secuencia de señales que prolongan el impulso y en corto tiempo le permiten cubrir grandes distancias, como la que existe del cerebro a la punta de los dedos del pie. Südhof describió cómo se regula la liberación de los neurotransmisores en el espacio entre axones y dendritas, conocido como *sinapsis*. El mecanismo que descubrió guarda gran similitud con el que describieron Rothman y Schekman.

James Rothman

Randy Schekman

Thomas C Südhof

Los procesos del transporte vesicular también participan activamente en el funcionamiento de nuestro sistema inmune, que nos protege ante invasiones de virus, bacterias, hongos y parásitos. Cualquier perturbación de sus delicados mecanismos puede llevar a consecuencias graves para el organismo, lo que sucede en ciertas enfermedades neurológicas, la diabetes o determinados trastornos inmunológicos. Por eso, los hallazgos de los premiados han permitido entender mejor el origen de numerosas enfermedades relacionadas con defectos en el funcionamiento del transporte por vesículas.

## LECTURAS SUGERIDAS

**ZIERATH JR & LENDAHL U**, 2013, 'Machinery Regulating Vesicle Traffic, A Major Transport System in our Cells', en *http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2013/advanced-medicineprize2013.pdf*

**Alberto Díaz Añel**

Doctor en química biológica, UBA.
Investigador adjunto del Conicet en el Instituto de Investigación Médica Mercedes y Martín Ferreyra.
*adiazanel@immf.uncor.edu*

**Damián A Scherlis**
**Darío A Estrin**
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA

# Las multiples escalas de la química

Todas las cosas que vemos o tocamos están compuestas por átomos, los que a su vez suelen agruparse y organizarse para formar moléculas. De tamaño aproximadamente un millón de veces menor que un milímetro, las moléculas giran, avanzan, oscilan, se rompen y forman otras, todo en lapsos que los relojes más precisos tendrían dificultad en medir. Esa danza microscópica de moléculas que se disocian y se reorganizan determina las propiedades y las transformaciones de la materia, incluso las reacciones químicas.

Martin Karplus

Michael Levitt

Arieh Warshel

Desde comienzos de la década de 1970 y con más ímpetu en las décadas siguientes, investigadores en química, física, biología y computación han desarrollado y utilizado algoritmos matemáticos para representar y predecir, con el auxilio de una computadora, las estructuras, los movimientos y las transformaciones de las moléculas. Cobró así importancia la disciplina que se conoce como química computacional. Los galardonados este año con el premio Nobel de química fueron tres paladines de esa epopeya. Ellos son Martin Karplus (nacido en Austria en 1930), profesor emérito de la Universidad de Harvard y visitante en la de Estrasburgo; Michael Levitt (nacido en Sudáfrica en 1947), profesor de la Universidad de Stanford, y Arieh Warshel (nacido en Israel en 1940), profesor de la Universidad del Sur de California. Los tres hicieron aportes fundamentales a la disciplina, que hace uso de modelos matemáticos basados en la mecánica clásica, la mecánica cuántica y en la termodinámica estadística para simular las interacciones entre los átomos de las sustancias y obtener información sobre su comportamiento individual y colectivo.

La química computacional procura explicar los fenómenos químicos, y también diseñar nuevas moléculas, materiales o procesos moleculares, lo que puede implicar el diseño de un medicamento con determinadas propiedades o un material con características ópticas o eléctricas particulares, igual que interpretar el mecanismo de acción de una sustancia patógena en su interacción con una proteína. En algunas situaciones el camino de la química computacional puede ser preferible o complementario al experimental, especialmente si hacer experimentos requiere embarcarse en procedimientos arduos o costosos, o si las propiedades de interés son muy difíciles de medir. En cambio, el juego virtual en la computadora, que usa los átomos como ladrillos de un Lego, permite obtener información detallada de todo lo que le sucede al sistema.

El inconveniente es que los modelos que se han conseguido crear resultan exactos solo para tratar sistemas de muy pocos átomos, mientras los problemas más relevantes incluyen a menudo gran cantidad de ellos, y con muchos átomos la complejidad matemática se torna rápidamente inmanejable, incluso para una computadora. Esos modelos más complejos recurren a la mecánica cuántica y son los necesarios para describir reacciones químicas. Con la mecánica clásica se pueden crear modelos simplificados, que son menos demandantes computacionalmente y por ello permiten manejar sistemas de miles de átomos, como las biomoléculas, pero solo para fenómenos que no impliquen formación o ruptura de enlaces químicos.

La idea original que puso a Karplus, Levitt y Warshel en el camino del premio Nobel fue combinar diferentes modelos para crear los llamados *métodos de multiescala*. Éstas son técnicas de simulación química que emplean descripciones distintas en diferentes regiones del sistema. Las más usadas corresponden a los modelos híbridos cuántico-clásicos, conocidos por QM-MM (de *quantum mechanics-molecular mechanics*). Describen mediante la mecánica cuántica la región de un sistema que desea estudiarse con mayor detalle, mientras que el resto, llamado normalmente *entorno*, se modela con ecuaciones de menor complejidad correspondientes a la mecánica clásica. De esta manera se pueden abordar problemas que de otro modo estarían fuera de alcance. Además, reflejan la forma natural de ver las cosas de

los químicos, que diferencian las regiones de interés o reactivas de los sistemas, por ejemplo, un soluto o el sitio activo de una proteína, de su entorno, que serían el solvente o la matriz proteica.

El uso de la simulación computacional se está convirtiendo en una herramienta casi imprescindible en la química actual. En la medida en que los experimentos se vuelven cada vez más complejos y apuntan a comprender fenómenos en la escala molecular, la interpretación de los resultados también se torna más compleja. En tal contexto, se ha incrementado la interacción de los químicos experimentales con los computacionales, y han cambiado sus alcances. Sven Lidin, químico experimental y presidente del comité de química del Nobel, manifestó en una entrevista: *Cuando era un joven químico, nuestros colegas dedicados a la teoría se acercaban a discutir sus ideas sobre el comportamiento de los sistemas. Si sus resultados no contradecían nuestras observaciones, se iban contentos. Si había desacuerdo, estábamos seguros de que algo fallaba en su análisis. Hoy, si la teoría prueba o desaprueba algo en oposición a nuestras observaciones, normalmente damos un paso atrás y revisamos los experimentos, pues es igualmente probable que seamos nosotros los que estamos en el camino equivocado.* En la Argentina hay numerosos ejemplos felices de esta interacción.

El otorgamiento de este premio, el quinto concedido a la química teórica, es un reconocimiento del grado de desarrollo que esta ha alcanzado y de su importancia actual. Los cuatro anteriores fueron los otorgados a Linus Pauling (1954), Robert Mulliken (1966), Roald Hoffman (1981) y John Pople y Walter Kohn (1998), y premiaron las contribuciones de los nombrados a la comprensión de los enlaces químicos y la formulación de métodos cuánticos. En esta ocasión, le llegó el reconocimiento a los métodos clásicos y su integración en modelos cuánticos.

Las historias de los tres laureados se entrecruzan en el tiempo. Warshel y Levitt iniciaron su colaboración a fines de la década de 1960, en el Instituto Weizmann, cuando aún no se habían doctorado. Warshel se incorporó al grupo de investigación de Karplus, en la Universidad de Harvard, a comienzos de la década de 1970, y juntos concibieron el primer modelo que combinó tratamientos clásicos y cuánticos. De regreso en Israel, Warshel reanudó su colaboración con Levitt y abordaron la simulación de biomoléculas, que los llevó a desarrollar y a aplicar los métodos QM-MM que se utilizan hoy. Mientras tanto, Karplus realizó innumerables aportes en ámbitos como la termodinámica estadística, la biología estructural y la espectroscopia de resonancia magnética. Linus Pauling, que fuera su maestro en la década de 1950, lo consideró su alumno más brillante.

Suele decirse que existen dos tipos de premios Nobel. Por un lado, los que reconocen un preciso descubrimiento o una idea concreta, valorados casi de inmediato por la comunidad científica. Normalmente se otorgan pocos años después del respectivo hallazgo. De ese tipo fueron las distinciones otorgadas a Albert Einstein por el efecto fotoeléctrico, a Francis Crick y James Watson por la estructura del ADN, a Gerd Binnig y Heinrich Rohrer por el microscopio de efecto túnel, o a César Milstein por los anticuerpos monoclonales. Por otro lado, están los premios que distinguen una sucesión de aportes, una trayectoria de investigación que produjo avances significativos en determinado campo. El que comentamos en esta nota es de esta segunda clase. Por ello tal vez no era fácil de anticipar, y sorprendió especialmente a los que trabajamos en química teórica y computacional. Por cierto, una muy grata sorpresa.

## LECTURAS SUGERIDAS


**MALMSTRÖM BG** & **ANDERSSON B**, 2013, 'The Nobel Prize in Chemistry: The Development of Modern Chemistry', en *http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/themes/chemistry/malmstrom/index.html.*

**REAL ACADEMIA SUECA DE CIENCIAS**, 2013, 'Development of Multiscale Models for Complex Chemical Systems', en *http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2013/ advanced.html.*

**Damián A Scherlis**

Doctor en ciencias químicas, UBA.
Investigador independiente del Conicet en el Instituto de Química Física de los Materiales, Medioambiente y Energía (INQUIMAE).
Profesor adjunto de la FCEYN, UBA.
*damian@qi.fcen.uba.ar*

**Darío A Estrin**

Doctor en química, UNLP.
Investigador superior del Conicet en el INQUIMAE.
Profesor titular de la FCEYN, UBA.
*dario@qi.fcen.uba.ar*

Jaime García

NÚMERO 34, enero-junio de 2014

# GUÍA del cielo NOCTURNO

Luego de la fecha, una notación abreviada permite una rápida referencia sobre el tipo de evento descripto:

**NOT** **Notable,** interesante, espectacular. Para no perderse.

**EFE** **Efemérides planetarias** (equinoccios, conjunciones, oposiciones, etcétera).

**OCL** **Ocultación** de una estrella o planeta por la Luna u otro planeta.

**ECL** **Eclipse** de Sol o Luna.

**MET** **Lluvia de meteoros.**

**MAP** **Mapa del cielo** referente al encuentro celeste que se describe.

**OBS** **Observación** destacada o favorable de objetos de cielo profundo, como cúmulos, nebulosas o galaxias.

**BIO** **Datos biográficos** de un astrónomo cuyo natalicio se recuerda.

**HIS** **Suceso de interés histórico** (por ejemplo, aniversario de un descubrimiento).

Dado que nuestro objetivo es que la guía sirva para todo el país, el lenguaje se mantiene deliberadamente ambiguo. Por ejemplo, oeste significa el sector del cielo comprendido entre el oeste-sudoeste y el oeste-noroeste. Las alturas sobre el horizonte también son aproximadas. A modo de orientación: muy bajo (0 a 15°), bajo (15 a 30°), media altura (30 a 60°), alto (60 a 90°).
Del mismo modo, las distancias angulares y posiciones relativas deben tomarse como valores aproximados que pueden variar de un sitio a otro, sobre todo cuando de la Luna se trate. Por el mismo motivo, evitamos dar horas precisas y nos referimos en términos de primeras horas de la noche, una hora antes de la salida del Sol, etcétera.
Cuando se indican, los tiempos están dados en hora local (Argentina y Uruguay), correspondiente al huso horario -3 horas.

## VISIBILIDAD DE LOS PLANETAS

### MERCURIO

Comenzará el año saliendo lentamente de su conjunción con el Sol y haciéndose un poco visible, con el correr de los días, durante el crepúsculo vespertino. Luego se irá acercando rápidamente al Sol desapareciendo, en la luz crepuscular, hacia fines de enero. Reaparecerá matutino hacia mediados de febrero, en el cuadrante este, emprendiendo su mejor lapso de visibilidad, en el semestre, casi todo el mes de marzo. Al comienzo de abril irá desapareciendo en el crepúsculo para ir a su conjunción con el Sol, el día 26 de ese mes. En mayo, pasará a ser vespertino pero con poca visibilidad, alcanzando su elongación este de menos de 23 grados, el día 25 de ese mes, luego perdiéndose en la luz crepuscular camino hacia su conjunción inferior con el Sol que ocurrirá el 19 de junio, para pasar a ser matutino hacia fin de junio.

### VENUS

El planeta más brillante del cielo comenzará el año hundido en el crepúsculo vespertino preparando su conjunción inferior con el Sol que ocurrirá el 11 de enero. Reaparecerá matutino hacia fin de enero y continuará visible, de esa forma, durante todo el primer semestre del año. Pasará por su máxima elongación oeste el 22 de marzo.

### MARTE

El planeta rojo será visible poco después de la medianoche en enero saliendo cada vez más temprano hasta pasar por su oposición el 8 de abril. En ese momento estará más cerca de la Tierra y su momento de observación será el más favorable del año, alcanzando un brillo muy próximo al de las estrellas más brillantes del cielo (magnitud -1,26). A partir de allí, continuará visible prácticamente toda la noche, disminuyendo paulatinamente su brillo, hasta finalizar el primer semestre del año. Marte pasará todo el semestre deambulando por la constelación de Virgo, la virgen.

### JÚPITER

Júpiter será bien visible desde el comienzo de la noche siendo el astro más brillante del cielo, en ese horario y hasta su puesta, en el primer mes del año, en la constelación de Gemini, los gemelos, pasando por su oposición el 5 de enero. Posteriormente, se lo apreciará más alto por el noreste a la puesta del Sol, para finalmente vérselo hacia el noroeste en el ocaso, hacia fines de mayo. Para esa misma época, Mercurio andará cerca y se producirán algunas alineaciones bastante notables, a las que también se sumará la Luna. En junio se lo verá durante el crepúsculo, cercano al horizonte del cuadrante noroeste.

### SATURNO

Saturno será visible durante todo el primer semestre del año. En enero saldrá bien tarde, después de la medianoche, y paulatinamente irá naciendo más temprano, hasta llegar a su oposición con el Sol el 10 de mayo, pasando a verse toda la noche, por unos días, para luego ocupar la primera mitad de la noche, en la constelación de Libra, la balanza.

### URANO

Será visible en la primera mitad de la noche, en los primeros meses del año. A mediados de marzo desaparece en el crepúsculo vespertino, pasando por su conjunción con el Sol el 2 de abril. Luego reaparecerá matutino, en el cuadrante noreste, a fines de mayo. Permanecerá en la constelación de Pisces (los peces) durante todo el lapso de visibilidad del semestre.

### NEPTUNO

Visible al principio de la noche durante el mes de enero hasta paulatinamente desaparecer en el crepúsculo vespertino para pasar por su conjunción con el Sol, el 23 de febrero. Luego pasará a ser matutino, comenzando a ser visible a partir de marzo, alejándose paulatinamente del amanecer. Permanecerá en la constelación de Aquarius (el aguador) durante todo el semestre.

| 2014 | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mercurio | Crepúsculo vespertino | Crepúsculo matutino | Amanecer | Crepúsculo matutino | Crepúsculo vespertino | No visible |
| Venus | No visible | De 4h al amanecer | De 4h al amanecer | De 4h al amanecer | De 5h al amanecer | De 6h al amanecer |
| Marte | De 1h al amanecer | De 23h al amanecer | De 21h al amanecer | De 19h al amanecer | Toda la noche | Del anochecer a 3h |
| Júpiter | Toda la noche | Del anochecer a 3h | Del anochecer a 2h | Del anochecer a 23:30h | Del anochecer a 22h | Crepúsculo vespertino |
| Saturno | De 3h al amanecer | De 0h al amanecer | De 22:30h al amanecer | De 20:30h al amanecer | Toda la noche | Del anochecer a 5h |
| Urano | Del anochecer a 1h | Del anochecer a 22h | Crepúsculo vespertino | No visible | De 5h al amanecer | De 3h al amanecer |
| Neptuno | Crepúsculo vespertino | No visible | Crepúsculo matutino | De 4h al amanecer | De 2h al amanecer | De 0h al amanecer |

| Salida | Puesta |
|---|---|
| (1) 5:44 | (1) 20:11 |
| (15) 5:56 | (15) 20:10 |

1 8:15

8 0:40

16 1:53

24 2:20

30 18:40

**1** OBS

La Luna nueva se produce a las 8:15, permitiendo aprovechar la noche oscura para apreciar, además del planeta Júpiter, al comienzo, y a Marte y Saturno, más tarde, objetos celestes débiles o, también, objetos de cielo profundo, como nebulosas brillantes y oscuras, cúmulos galácticos y globulares y galaxias. Entre los bellos objetos visibles en una noche de verano, podemos destacar nada menos que la región de Orión. En el llamado 'puñal', encima del asterismo de las 'Tres Marías', es posible encontrar a la gran nebulosa de Orión, Messier 42, envolviendo al joven grupo 'Trapecio' y junto a ella a M43, todo esto visible con un pequeño telescopio o, incluso, con unos binoculares (a partir de 7 x 50 – 7 aumentos y 50mm de apertura). Pero toda la constelación está sumergida en nebulosas oscuras, brillantes y de reflexión. Un ejemplo de las oscuras es la desafiante Cabeza de Caballo IC 434 o Barnard 33, que recuerda al trebejo de ajedrez. Para observarla será necesaria una apertura del orden de los 150mm. La letra M corresponde a la lista que compilara el astrónomo francés Charles Messier (1730-1817) y que resultó el primer catálogo de objetos difusos que se haya confeccionado.

**4** EFE

La Tierra pasará por su perihelio, momento en la órbita de la Tierra alrededor del Sol en que ambos se encuentran más próximos, a 0,9833 unidades astronómicas, o sea 147.099.713 kilómetros, a las 3:03.

**5** NOT

El gigante del Sistema Solar, el planeta Júpiter, estará en oposición al Sol, a las 17 horas, pasando por el momento de mejor visibilidad. Para observar a Júpiter no es necesario un gran instrumento. Galileo, en 1609, utilizó un telescopio con una apertura de unos pocos centímetros y le fue suficiente para percibir a cuatro de sus satélites naturales: Io, Europa, Ganímedes y Calixto. Con un telescopio refractor de 6cm de apertura ya se le aprecian las bandas de su superficie y puede distinguirse la mancha roja, un torbellino muy estable que se destaca entre las nubes del planeta gaseoso. Un fenómeno interesante para observar es la danza de esos satélites que producen ocultaciones y tránsitos o proyectan sombras sobre el planeta. Existe un software gratuito de Sylvain Rondi, en internet, que permite calcular cuándo se producen esos fenómenos así como mostrar la configuración del sistema joviano en cada momento. La dirección *Jupiter version 2* es *http://astrosurf.com/rondi/jupiter/index.htm*. Además, para los teléfonos inteligentes hay disponible un software gratuito similar, de Sean Dague, llamado *Where is Io*.

**11** EFE

El planeta Venus estará en conjunción inferior con el Sol, a las 9 de la mañana. La conjunción inferior se produce cuando Venus se aproxima al Sol y se encuentra entre él y la Tierra.

**16**

La Luna llena de enero se producirá a la 1:53, en la constelación de Cancer, el cangrejo.

**25** NOT OCL

La Luna y el planeta Saturno tendrán un encuentro muy próximo a mediodía del 25 de enero. Para la ciudad de Buenos Aires, pasará prácticamente rasante, ocultándose Saturno, por unos pocos minutos. A pesar de la hora, este es un fenómeno muy bello e interesante, para observarlo con cualquier tipo de instrumento astronómico o para fotografiarlo. Saturno se irá aproximando por la parte iluminada de la Luna menguante (el cambio de fase se produce el 24 de enero a las 2:20), próxima al polo norte lunar, y se ocultará a las 12:04:22. El fenómeno durará prácticamente 15 minutos, reapareciendo por la parte no iluminada de la Luna, a la 12:19:36. Estas son las circunstancias para la ciudad de Buenos Aires, en otros puntos del país, serán diferentes.

**30** OBS

Este año, enero tendrá dos lunas nuevas, y ésta, que se produce a las 18:40, nos permitirá continuar explorando el cielo de verano, en lo que se refiere a objetos difusos o de cielo profundo. Además de los objetos ya mencionados en la otra Luna nueva de enero, tenemos la constelación de Monoceros, donde se destacan la nebulosa del Cono, NGC 2264, apta para instrumentos pequeños, o la bellísima nebulosa Roseta, NGC 2244, más desafiante, para instrumentos mayores, o la nebulosa variable de Hubble, NGC 2261, que envuelve a la estrella variable R Monocerotis.

**31** EFE

El planeta Mercurio en su máxima elongación este. Visible antes al anochecer, a este pequeño y esquivo planeta se lo podrá percibir durante el crepúsculo vespertino con una separación del Sol mayor a 18 grados (exactamente serán 18,37° a las 7h).

## FEBRERO

DJ 2456690 (FEBRERO 19:00 HORA LOCAL)

| Salida | Puesta |
|---|---|
| (1) 6:13 | (1) 20:01 |
| (14) 6:26 | (14) 19:49 |

**6** 16:23

**14** 20:53

**22** 14:17

**7 a 8** NOT MET — Máximo de la lluvia de meteoros alfa Centauridas (ACE). Esta lluvia de meteoros presenta actividad entre el 28 de enero y el 21 de febrero, pero alcanza su máximo de unos 6 meteoros por hora contándolos a su paso por el cenit, el 8 de febrero. El punto del cual parecen emerger los meteoros se localiza próximo a la estrella Rigil Kentaurus (alfa Centauri), ubicado en las coordenadas ascensión recta (AR) = 14h y declinación (dec) = -59º. Las lluvias de meteoros son popularmente conocidas como 'lluvias de estrellas', por parecer que se trata de estrellas y no de ínfimas partículas que se introducen en la atmósfera y brillan por fricción. Como casi todas las lluvias australes, es más lo que no se sabe que lo que se sabe, por lo que la International Meteor Organization (IMO) pide a los observadores especial vigilancia a estas lluvias. En esta oportunidad, si bien la Luna estará creciente (el cambio de fase cuarto creciente ocurrirá el 6 de febrero a las 16:23), la observación puede verse favorecida pues la predicción del máximo es para las 3 de la madrugada, de modo que la Luna ya estará por debajo del horizonte.

**15** EFE — Mercurio estará en conjunción inferior con el Sol a las 17 horas. La conjunción inferior se produce cuando un planeta interior a la órbita terrestre se alinea con la Tierra y el Sol, pero ubicándose entre ambos.

**15** BIO — En un día como hoy, pero hace 450 años, nacía en la ciudad de Pisa, Ducado de Florencia, Italia, el genial Galileo Galilei, uno de los personajes más relevantes de la llamada Revolución Científica. Su forma de ver y pensar la naturaleza revolucionaron el conocimiento. La aplicación a la astronomía de un instrumento recientemente inventado, el telescopio, permitió afirmar el cambio al sistema heliocéntrico concebido por Copérnico, aunque esto le valiera el terminar sus días con prisión domiciliaria impuesta por la condena de la Inquisición. Hijo de Vincenzo Galilei, músico famoso, y Giulia Ammannati, nació el 15 de febrero de 1564. Su extensa obra, parte en latín y parte en italiano, es también fundacional para la divulgación popular de la ciencia. Galileo falleció el 8 de enero de 1642 en Arcetri, Gran Ducado de Toscana, Italia.

**16** BIO — Quinto centenario del nacimiento de Georg Joachim de Porris (matriculado como *von Lauchen* –traducción germana de su apellido materno– en la Universidad de Wittenberg), más conocido como Rheticus, que fue un matemático, cartógrafo, médico y maestro. Quizá sea más famoso por sus tablas trigonométricas y por haber sido el único discípulo de Nicolás Copérnico. Fue él quien hizo que se publicara el libro de *De revolutionibus orbium coelestium*, en el que Copérnico expone su teoría heliocéntrica. Durante el período que pasó con Copérnico en Frauenburg (1539-1541) dio las primeras noticias sobre la obra copernicana, editada en su *Narratio prima de libris revolutionum Copernici*. Rheticus era hijo de Georg Iserin, médico de la ciudad, y Thomasina de Porris. Nació en Feldkirch (hoy perteneciente a Austria) el 16 de febrero de 1514 y falleció en Kassa, Reino de Hungría (hoy parte de Eslovaquia), el 4 de diciembre de 1574.

**21** NOT — La Luna menguante pasará cerca de Saturno, por lo que se los verá nacer bastante próximos, antes de la medianoche.

**23** EFE — El planeta Neptuno en conjunción con el Sol a las 4, por lo que permanecerá invisible por varios días, pasando de vespertino a matutino.

**26** NOT — Venus y la Luna menguante nacen bastante próximos, con unos 2 grados de separación, y se los verá hacia el cuadrante este a eso de las 5 de la mañana, antes del crepúsculo matutino.

Galileo Galilei. Wikimedia Commons

| Salida | Puesta |
|---|---|
| (1) 6:40 | (1) 19:31 |
| (15) 6:53 | (15) 19:12 |

1 5:01

8 10:28

16 14:09

23 22:47

30 15:46

**1** OBS La primera Luna nueva de marzo que tendrá lugar a las 5:01 será una nueva oportunidad para continuar con la exploración el cielo de verano, siempre refiriéndonos a objetos difusos o de cielo profundo. Además de lo ya mencionado en las lunas nuevas de enero que continúan visibles, aunque más temprano, en las noches de marzo, podemos ahora detener nuestra vista en el cuadrante sur y nos encontraremos con la brillante Vía Láctea austral, especialmente toda la región del navío Argos, antigua constelación mitológica griega relacionada con la aventura de Jasón y los Argonautas (entre quienes estaban nada menos que Hércules y Orión) en busca del vellocino de oro (el vellón del carnero alado Crisomallo). Esta constelación fue dividida, en épocas más recientes en Carina (la quilla del navío), Vela (el velamen) y Puppis (su popa), en donde se destacan la región de eta Carina, con su bella nebulosa NGC 3372, y los brillantes cúmulos galácticos NGC 3293 y 3532. Además, en el asterismo del Rombo, el brillantísimo cúmulo galáctico llamado las 'Pléyades australes'. Más cúmulos galácticos pueden observarse en Puppis: M46, 47 y 93. Todo esto accesible con binoculares o pequeños telescopios. En Vela, se encuentra un bello y destacado cúmulo globular, NGC 3201.

**14** EFE NOT El planeta Mercurio en su máxima elongación oeste. Visible antes del amanecer, este pequeño y esquivo planeta será bien visible para los madrugadores o trasnochadores con una separación del Sol de casi 28 grados (exactamente serán 27,55° a las 3).

**16** Noche de Luna llena, ya que se producirá este día a las 14:09.

**20** EFE A las 13h58m01s se producirá el equinoccio de otoño para nuestro hemisferio. El equinoccio se produce cuando el Sol, en su trayectoria aparente en el cielo, llamada eclíptica, cruza el ecuador celeste, que es la proyección del plano ecuatorial de la Tierra en el cielo, en este caso de sur a norte.

**20** NOT La Luna menguante (el cambio de fase es el 23 de abril a las 22:47) pasará muy cerca de Saturno, por lo que se los verá nacer muy próximos, a las 21:33, y se acercarán más hasta, a las 23, pasar a tan solo 0,3 grados, o sea, la mitad de un diámetro lunar.

**22** NOT Venus pasará por su máxima elongación oeste, esto quiere decir que será el momento de su máxima separación del Sol, alcanzando algo más de 46 grados. Esto permitirá ver a Venus más tiempo durante la noche, antes del amanecer, ya que nacerá a las 3:18, mientras que el Sol lo hará a las 6:58. Venus estará en la constelación de Aquarius, el aguador.

**22** EFE NOT En la madrugada del 22 de marzo será posible observar la conjunción entre los planetas Mercurio y Neptuno. El momento de mayor proximidad entre ellos se producirá 12 horas después, en pleno día. Para apreciar el evento, es mejor hacerlo en la primera hora después de que ambos nazcan por el cuadrante este, a eso de las 6 de la mañana, cuando estarán a 1° 17' de separación, poco más de dos diámetros lunares. Para observar la conjunción será necesario, como mínimo, utilizar binoculares (7 x 50, por ejemplo) pues el brillo de Neptuno es de magnitud 8. Para apuntar el binocular se podrá utilizar el brillo de Mercurio (que estará unos 20 grados por debajo de Venus) con magnitud 0,1. Neptuno aparecerá a la izquierda y abajo de Mercurio y, entre ellos, un par de estrellas más brillantes que este débil planeta.

**30** OBS Este año, marzo será otro mes con dos lunas nuevas, o sea, doble oportunidad para aprovechar el cielo oscuro y sumergirnos con nuestros instrumentos en búsqueda de bellos objetos, además, claro está, aprovechar los planetas visibles: Marte, Júpiter y Saturno. Esta Luna nueva se produce el 30 de marzo a las 15:46 y durante esa noche oscura será bueno apuntar nuestro telescopio hacia la región de la constelación de Leo, el león, que culmina a eso de las 23 horas, mirando hacia el norte. Allí nos encontraremos con una gran cantidad de galaxias, accesibles a instrumentos medianos (entre 115 y 150mm de apertura). Destacan las espirales M95, M96, NGC 3521 y el bello triplete formado por M65, M66 y NGC 3628. Por el lado de las galaxias elípticas, el sitial de honor lo lleva M105.

## ABRIL

DJ 2456749 (ABRIL 19:00 HORA LOCAL)

| Salida | Puesta |
|---|---|
| (1) 7:06 | (1) 18:48 |
| (15) 7:17 | (15) 18:29 |

**7** 5:32

**15** 4:45

**22** 4:53

**29** 3:16

**2** EFE

El planeta Urano estará en conjunción con el Sol a las 4 de la madrugada. La conjunción de un planeta exterior significa la alineación entre él, el Sol y la Tierra, o sea, es el máximo acercamiento aparente al Sol, visto desde la Tierra. Obviamente, el Sol se ubicará entre Urano y la Tierra.

**8** NOT

El planeta Marte pasará por su oposición al Sol a las 17:57, de modo que surgirá por el horizonte noreste justo en el momento en que el Sol esté ocultándose por el horizonte sudoeste. En esta oposición, Marte alcanzará un brillo aparente de -1,26 magnitudes, siendo superado únicamente por los brillos aparentes de Venus, Júpiter y la estrella Sirius o alfa Canis Majoris. Marte estará en la constelación de Virgo, la virgen. El diámetro aparente de Marte en esta noche será de 15,1 segundos.

**12** EFE NOT

Conjunción entre los planetas Venus y Neptuno. En la madrugada de este día, 12 de abril, será posible observar la conjunción entre estos dos planetas. El momento de mayor proximidad se habrá producido con ambos bajo el horizonte, unas 5 horas antes, sin embargo, cuando ambos nazcan por el cuadrante este, a eso de las 4 de la mañana, aún estarán a unos 40 minutos de arco de separación, poco más de un diámetro lunar. Para observar esta conjunción será necesario, como mínimo, utilizar binoculares (7 x 50, por ejemplo) pues el brillo de Neptuno es de magnitud 7,9. De todos modos, para apuntar el binocular contamos con el fantástico brillo de Venus, que por esos días estará en magnitud -4,2. Neptuno aparecerá a la derecha y arriba de Venus y, entre ellos, una estrella levemente más brillante que este lejano planeta.

**14** EFE NOT

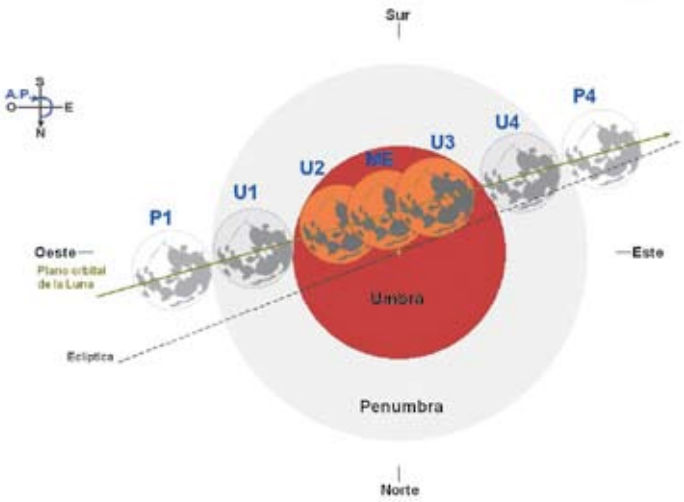
El planeta Marte estará en el punto de su órbita más cercano a la Tierra para esta oposición, a las 9:54, alcanzando a aproximarse a 0,617565503 unidades astronómicas, equivalentes a 92.386.484 kilómetros. Estas aproximaciones se producen cada 780 días terrestres, unos 26 meses, aproximadamente, dados los períodos de traslación de la Tierra (365,25 días) y de Marte (686,95 días). Esa noche, su diámetro aparente será de 15,2 segundos de arco.

**15** NOT ECL

Abril es un mes cargado de fenómenos interesantes. En este día en que la Luna pasa por su fase llena, a las 4:45, se producirá un notable eclipse total de Luna, de magnitud = 1,29. Un eclipse total de Luna se produce cuando la Luna ingresa por completo en el cono de sombra (umbra) y de penumbra que proyecta la Tierra en el espacio. Esto, obviamente, tiene lugar cuando la Luna, en su órbita, está opuesta al Sol y esto es cuando pasa por su fase llena. Pero no en todas las lunas llenas hay eclipses, ya que el plano de la órbita lunar no coincide con el plano orbital de la Tierra, más que en un par de puntos, de allí que los eclipses, tanto solares como lunares, no sean tan frecuentes. Para un determinado lugar de la Tierra, el eclipse es visible cuando se produce con la Luna sobre el horizonte. En este caso será así para nuestro país, aunque los que viven en la parte occidental de la Argentina tendrán la visión completa, mientras que los que viven en la parte más oriental se perderán el final. Las circunstancias del eclipse, en hora legal argentina, se consignan en la tabla siguiente:

| | Evento | h m s | Ángulo de posición (AP)* |
|---|---|---|---|
| P1 | La Luna entra en la penumbra | 1 53 22 | 95º |
| U1 | La Luna entra en la umbra | 2 58 03 | 88º |
| U2 | Comienzo de la totalidad | 4 06 32 | 245º |
| ME | Máximo del eclipse | 4 45 40 | --- |
| U3 | Fin de la totalidad | 5 24 36 | 147º |
| U4 | La Luna sale de la umbra | 6 33 13 | 303º |
| P4 | La Luna sale de la penumbra | 7 37 47 | 297º |

* Se trata del ángulo entre el norte y el punto de contacto correspondiente, medido hacia el este.




Eclipse total de Luna, el 15 de abril de 2014.

| Salida | Puesta |
|---|---|
| (1) 7:06 | (1) 18:48 |
| (15) 7:17 | (15) 18:29 |

7
5:32

15
4:45

22
4:53

29
3:16

**17** NOT OCL La Luna ocultará al planeta Saturno durante la madrugada del 17 de abril y el fenómeno será visible desde todo el país. Este es un fenómeno muy bello e interesante, para observarlo con cualquier tipo de instrumento astronómico o para fotografiarlo, o simplemente disfrutarlo a ojo desnudo. Saturno se irá aproximando a la parte oriental de una Luna casi llena y se ocultará a las 4:36:28. El fenómeno durará 1 hora y 10 minutos, reapareciendo por la parte no iluminada de la Luna, a la 5:46:56. Estas son las circunstancias para la ciudad de Buenos Aires, en otros puntos del país serán diferentes.

**23** MET En esta fecha se produce el máximo de la lluvia de meteoros pi Puppidas (PPU), que está activa entre el 15 de abril y el 28 de abril, aunque su máximo se produce el 23 a las 20. Su radiante se centra en la coordenadas celestes AR = 7h 20m y dec = -45°. La actividad de este radiante recién comenzó a detectarse en 1972, con una notable cantidad de meteoros de corta duración con una tasa cenital de unos 40 meteoros por hora, en 1977 y 1982, ambos años en que su cometa progenitor, 26P/Grigg-Skjellerup, pasaba por su perihelio. En otras ocasiones, antes de 1982, se había detectado poca actividad pero, en 1983, se reportó una tasa cenital de 13 meteoros por hora, tal vez sugiriendo que el material haya comenzado a extenderse aun más a lo largo de la órbita del cometa, como se espera por la teoría. El paso del cometa por el perihelio, en marzo de 2008, no produjo ninguna actividad meteórica significativa en abril, pero la interferencia lunar, ese año, era muy importante, afectando la posible detección de la actividad de meteoros débiles que era lo que estaba previsto. El cometa pasó por su perihelio nuevamente en julio de 2013 pero, al momento, no existe ninguna predicción especial de actividad para 2014. Las pi Puppidas se ven mejor desde el hemisferio sur, y las observaciones útiles deben realizarse principalmente antes de la medianoche, ya que el punto radiante está muy bajo después de la 1 de la madrugada. La Luna pasará por su cuarto menguante el 22 de abril a las 4:53, y nacerá lo suficientemente tarde, más allá de la medianoche, como para disfrutar de esta lluvia y realizar un importante registro para colaborar con las entidades colectoras de observaciones de meteoros, como la International Meteor Organization, ya que aún no existen datos telescópicos o de vídeo reportados en detalle.

**25 al 27** NOT Como todos los años, en el mes de abril, realizaremos nuestro Encuentro de Astronomía Observacional 'Star Party Valle Grande 2014', en el Valle Grande, San Rafael, Mendoza. Normalmente participan más de cien aficionados, estudiantes y profesionales en estos encuentros orientados a la observación astronómica, bajo uno de los cielos más privilegiados de nuestro país. Este año se celebrará la décima edición del encuentro y, como siempre, contará con la participación de aficionados y profesionales de otros países de Sudamérica. En las nueve ediciones que ya lleva (2000, 2004, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 y 2013) siempre el cielo estuvo despejado. Los aficionados concurren con sus telescopios lo cual enriquece las posibilidades de observación, así como de la apreciación de los diferentes tipos de instrumentos, bajo ideales condiciones de observación, tanto por lo oscuro como por lo transparente del cielo. Si está interesado en participar, puede informarse mejor visitando la página del encuentro *http://institutocopernico.org/starparty.php*.

**26** El planeta Mercurio estará en conjunción superior con el Sol a las 0 horas. La conjunción superior se produce cuando Mercurio se aproxima al Sol pero se encuentra más allá de él, en contraposición a la conjunción inferior, que se produce cuando Mercurio está entre el Sol y la Tierra.

**29** ECL En este día, a las 3:05, se producirá un eclipse anular de Sol pero no será visible en la Argentina. En los eclipses anulares la Luna pasará frente al Sol pero no alcanzará a cubrir toda su superficie pues su diámetro aparente es menor al del Sol, con lo que deja visible un anillo, de allí su nombre.

**29** OBS La Luna nueva tendrá lugar a las 3:16. Durante esa noche oscura será bueno apuntar nuestro telescopio hacia la región de la constelación de Virgo, la virgen, que culmina a eso de las 23 horas, mirando hacia el norte. Allí nos encontraremos

con una gran cantidad de galaxias, accesibles a instrumentos medianos (entre 150 y 200mm de apertura). La más destacada es, sin duda M104, galaxia espiral conocida como *galaxia del sombrero* por su aspecto que recuerda un sombrero mexicano. Otras espirales accesibles a estas aperturas son M90, M58 y NGC 5068. Ya las elípticas e irregulares tienen varias representantes bien conspicuas, como M87, M49 (la más brillante luego de M104) o M60.

## MAYO

DJ 2456779 (MAYO 19:00 HORA LOCAL)

| Salida | Puesta |
|---|---|
| (1) 7:30 | (1) 18:11 |
| (15) 7:41 | (15) 17:59 |

**7** 0:16

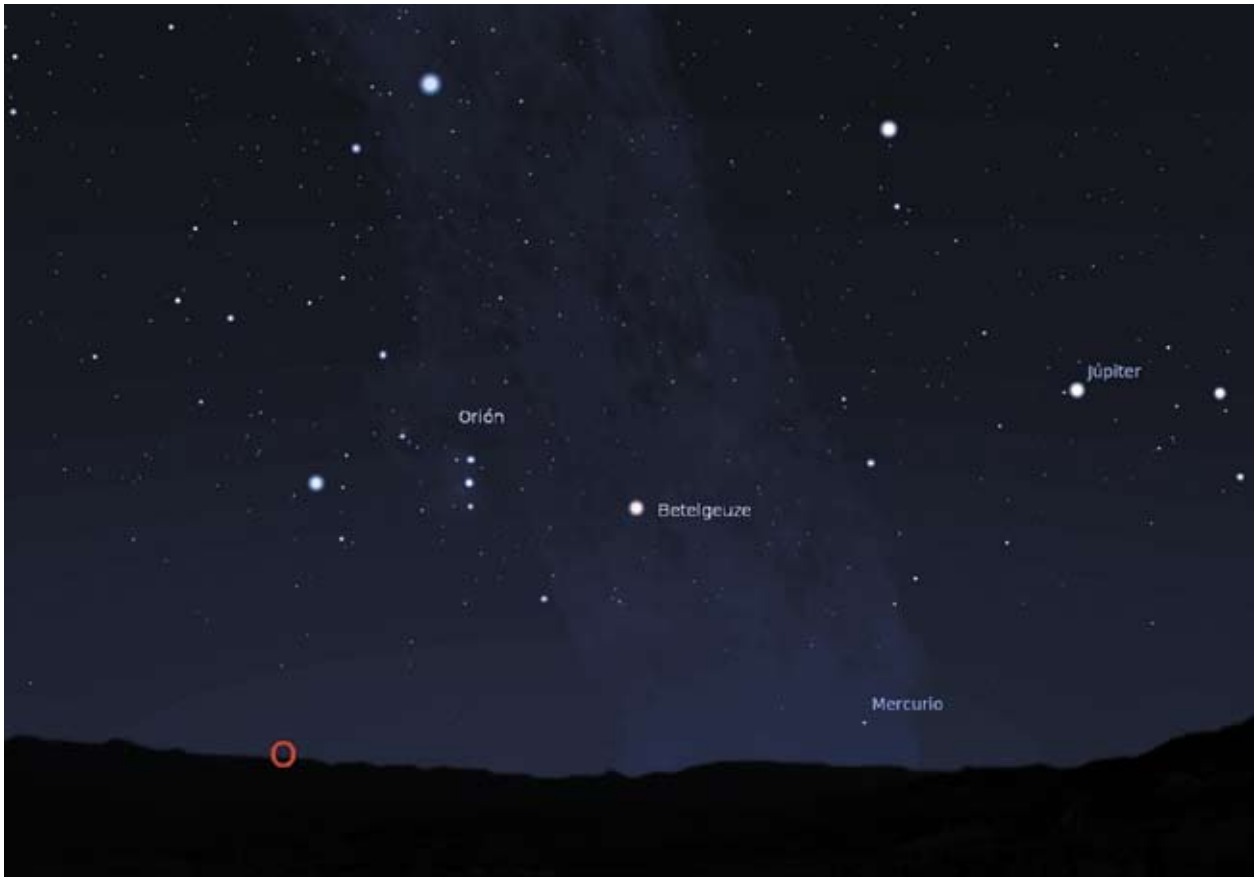
**14** 16:18

**21** 10:00

**28** 15:41

**3 a 4**
**MET**

La lluvia de meteoros eta Aquaridas (ETA), que está activa entre el 19 de abril y el 28 de mayo, tendrá su máximo los días 3 y 4 de mayo. Esta lluvia está asociada a los restos que va dejando a su paso el cometa 1P/Halley, por lo cual presenta una interesante tasa horaria cenital de 60 meteoros. Su radiante se centra en AR = 22h 24m y dec = -1°, siendo una de las lluvias más notables del hemisferio sur, presentando esporádicos bólidos muy brillantes. Si bien en 2007 prácticamente presentó escasos meteoros, entre 2008 y 2011 su actividad se incrementó fuertemente y se supone que este año debería decrecer. Será bueno verificarlo. La lluvia coincide con la Luna apenas creciente, que pasa por la fase cuarto creciente el 7 de mayo, a las 0:16, por lo que el momento para la observación será muy favorable. Debe observarse avanzada la noche.




Aspecto de la conjunción entre Mercurio, Júpiter y la constelación de Orión, al anochecer del 25 de mayo, mirando hacia el noroeste. La imagen fue realizada por el autor con el programa gratuito de código abierto Stellarium *http://www.stellarium.org/* para las coordenadas de Buenos Aires, a las 19:00.

| Salida | Puesta |
|---|---|
| (1) 7:30 | (1) 18:11 |
| (15) 7:41 | (15) 17:59 |

**7** 0:16

**14** 16:18

**21** 10:00

**28** 15:41

**10** EFE NOT

El planeta Saturno estará en oposición con el Sol a las 15. Esta particular alineación se produce cuando el planeta exterior se ubica en posición opuesta al Sol respecto de la Tierra. En tal posición es posible observar al planeta durante toda la noche, pues sale cuando el Sol se pone y su visibilidad se extiende entre ambos crepúsculos, cruzando todo el cielo nocturno desde el cuadrante este hasta el oeste. Este año, Saturno presenta sus anillos bien inclinados respecto de nuestro plano de observación, permitiendo apreciar toda su belleza. Para percibirlos no será necesario ningún gran instrumento, ya que un telescopio de 6 o 7cm de apertura es suficiente para distinguirlo. Ya con un telescopio algo mayor, de 10 o 15cm de apertura, se podrá apreciar la llamada división de Cassini entre los anillos más notables y aparecerán, nítidamente, sus satélites naturales más brillantes, Titán y Rhea. La oposición es un día anterior a la Luna llena, que se producirá el 14, por lo que las condiciones de observación no serán óptimas, pues el cielo estará muy claro, ofreciendo poco contraste que disminuye la capacidad de percibir los más finos detalles de los anillos y del disco planetario, que es la cambiante atmósfera de este planeta gigante gaseoso. Para mejorar estas condiciones, sugiero observarlo después de la puesta de la Luna, en la madrugada. Un fenómeno interesante para observar, si contamos con un telescopio de mayor diámetro, es la danza de sus satélites naturales, de los cuales podremos percibir Tethys, Encelado y Dione, próximos a los anillos y más brillantes que magnitud 12.

**14** EFE NOT

La Luna llena tendrá lugar a las 16:18 del 14 de mayo, pero esa madrugada la Luna y Saturno se pondrán muy juntos por el horizonte oeste, separados por tan solo un diámetro lunar. Saturno estará a la derecha y arriba de la Luna.

**16** EFE

Los planetas Venus y Urano estarán muy próximos en el cielo previo al amanecer, en la madrugada de este día (a eso de las 5:30), con solo 1,2º de separación. Desde una zona muy oscura se los podrá apreciar a simple vista ya que el brillo de Urano está en el límite de la percepción del ojo (magnitud 5,9). Pero será mejor valerse de un binocular para poder percibirlos sin contratiempos. Urano se verá a la izquierda de Venus.

**21** NOT

A partir de este día y hasta fin de mes se podrá disfrutar de un bello espectáculo de planetas, estrellas y la Luna en el anochecer. Todo comienza con la presencia de Júpiter a la derecha de la constelación de Orión (cuyo cinturón son las famosas Tres Marías) y Mercurio, en el medio y por debajo, equidistante de la estrella roja de Orión, Betelgeuze, y de Júpiter. Con el paso de los días, Mercurio asciende y se aproxima más a Júpiter, pero el día 30 aparece la Luna creciente de un día en medio de esa reunión; esa noche próxima a Mercurio y a la siguiente, muy cerca de Júpiter.

**25** EFE NOT

El planeta Mercurio pasará por su máxima elongación este a las 4 horas, esto implica que será el momento más favorable para verlo durante el anochecer de este día, pues estará separado del Sol por 22,68 grados. Mercurio será algo brillante, alcanzando la magnitud 0,6, y estará en la constelación de Taurus, el toro.

**28** OBS

La Luna nueva se producirá a las 15:41. Se pueden aprovechar las noches oscuras de esta fase lunar para escudriñar el cielo profundo, y mayo es el mes en que la constelación de la Cruz del Sur (Crux) culmina a las 21. Así que tendremos bien a tiro el bello cúmulo galáctico Kappa Crucis, el famoso Joyero, que encierra sus gemas estelares brillantes y de diferentes colores, accesible a cualquier instrumento. También tenemos a la notable constelación trapezoidal de Corvus, el cuervo, y más hacia el cenit a la Hydra, con su muy bella y accesible galaxia espiral barrada M83, y el cúmulo globular M68.

## JUNIO

DJ 2456810 (JUNIO 19:00 HORA LOCAL)

| Salida | Puesta |
|---|---|
| (1) 7:53 | (1) 17:50 |
| (15) 7:59 | (15) 17:49 |

**5** 17:40

**13** 1:12

**19** 15:40

**27** 5:10

**7** EFE Conjunción entre la Luna y Marte. La Luna pasará a un grado (dos diámetros lunares) del planeta Marte durante la noche del 7 de junio. La Luna creciente (el cambio de fase fue el 5 de junio a las 17:40) tendrá un 70% de su superficie iluminada y Marte estará en magnitud -0,4. Ambos permanecerán varias horas muy próximos, pero el mejor momento para verlos es a las 21, cuando se encuentren más próximos entre sí y a mayor altura sobre el horizonte norte.

**13** Noche de Luna llena pues el cambio de fase tendrá lugar a la 1:12.

**19** EFE Mercurio estará en conjunción inferior con el Sol, a las 20 horas. La conjunción inferior se produce cuando un planeta interior a la órbita terrestre se alinea con la Tierra y el Sol, pero ubicándose entre ambos.

**21** EFE Este año tendremos el solsticio de invierno, para nuestro hemisferio, el 21 de junio exactamente a las 7h52m43s. El solsticio de invierno se produce cuando el Sol alcanza la menor altura posible sobre el horizonte norte al mediodía solar que, por cierto, no coincide con la hora civil de las 12 del mediodía, sino con el momento cuando el Sol cruza el meridiano del lugar, que se determina uniendo los puntos cardinales norte y sur.

**24** EFE NOT Conjunción entre la Luna y Venus. La Luna pasará a menos de 1 grado (dos diámetros lunares) del planeta Venus durante la mañana, más exactamente a las 10. El fenómeno puede ser observado desde que Venus nace, a las 5:30, cuando los separan varios grados. Pero en el amanecer, cuando el Sol esté a punto de alzarse sobre el horizonte noreste, a Venus y la Luna los van a separar tan solo 42 segundos, poco más de un diámetro lunar.

**27** OBS La Luna nueva de junio tendrá lugar en este día, exactamente a las 5:10. Cada Luna nueva abre la posibilidad de explorar el cielo en busca de disfrutar de los objetos más tenues. Para este mes sugerimos ocuparnos de los cúmulos, tanto los galácticos como los globulares. Para los primeros, nada mejor que apuntar nuestro telescopio a la constelación de Norma, la regla, que culmina a las 22:30. Allí nos encontraremos con el brillante cúmulo galáctico NGC 6067, aunque también tenemos a NGC 6134, 6152 y el pequeño y disperso NGC 6087. Para cúmulos globulares, en cambio, conviene apuntar a la constelación de Ophiuchus, el serpentario, que culmina a las 23:30. Allí están M10 y M12. Pero el cúmulo globular más brillante del cielo y por lo tanto fuera de toda comparación es Omega Centauri que, en esa noche, culminará a las 20.

Messier 10

**Jaime García**
Doctor en matemática aplicada,
Universidad Federal de Minas Gerais.
Profesor del Instituto de Enseñanza Superior
Dr Salvador Calafat, General Alvear, Mendoza.
Director del observatorio astronómico del Instituto
Copérnico, Rama Caída, Mendoza.
*jgarcia@institutocopernico.org*

**Alejandro Gangui**
Instituto de Astronomía y Física del Espacio, UBA-Conicet

**María C Iglesias**
Centro de Formación en Investigación en la Enseñanza de las Ciencias, FCEYN, UBA

# Un observatorio astronómico virtual

Quienes trabajamos en la enseñanza de la astronomía valoramos la observación directa del cielo. Sin embargo, una de las dificultades que enfrentamos para hacerlo es el tiempo necesario. ¿Cómo dedicar todo un año a observar la posición del Sol en el cielo y así entender el paso de las estaciones, por ejemplo, si se debe también tratar otros temas? ¿Qué datos útiles pueden obtener los alumnos del cielo estrellado si conseguirlos depende de su buena voluntad fuera de las horas de clase?

Un inconveniente adicional en ciudades de cierto tamaño es el escaso acceso al cielo abierto. El patio de la escuela muchas veces no es suficiente porque no se ven el Sol o la Luna, lo que impide estudiar las sombras de aquel o las fases de esta. ¿Cómo hacer frente a tales dificultades?

Siempre es posible recurrir al consabido lápiz y papel, así como hacer uso de efemérides astronómicas para reemplazar la observación directa. También se puede obtener una buena colección de imágenes. Aquí pondremos en consideración el recurso que brindan los programas de simulación astronómica, que no constituyen un sustituto de las observaciones directas, sino una ampliación de ellas, y permiten a los alumnos actuar en un laboratorio virtual de astronomía experimental. Para poder aprovecharlos, es preciso que el docente conozca sus posibilidades y haga un análisis crítico de lo que facilitan y obstaculizan para el aprendizaje de los alumnos de la edad de que se trate.

## El programa Stellarium

Entre los varios excelentes programas de simulación astronómica disponibles, hemos elegido *Stellarium*. Se trata de un software libre, que todos pueden instalar en sus computadoras. Resulta sencillo de usar y no exige grandes esfuerzos iniciales. Permite razonar como si efectivamente se estuviese observando el cielo y establecer la posición de astros destacados: el Sol, la Luna, las estrellas conocidas y los planetas. Admite que se fijen la latitud y la longitud del supuesto observador, lo mismo que el tiempo, tanto el presente como cualquier otro pasado o futuro. Recomendamos a los docentes obtener el programa y, como primera medida, familiarizarse a fondo con él, para lo que damos acá las indicaciones iniciales.

Descargado e instalado el *Stellarium* en el disco duro de la computadora, o en la memoria del dispositivo móvil, se lo puede comenzar a usar sin más. Al ponerlo en marcha muestra el cielo como se vería mirando en una dirección determinada, probablemente hacia el sur. Elige automáticamente un paisaje terrestre que seguramente no es el que rodea la escuela: eso carece de importancia y se puede cambiar si fuera necesario.

Lo importante es el paisaje del cielo. A menos que la computadora (o la tableta) le pase el dato automáticamente, el software ignora el lugar de la Tierra donde está siendo usado y hay que indicárselo. Si no, muy probablemente el cielo que muestre sea el de París, pues los desarrolladores principales de *Stellarium* son franceses. Dependiendo de la distancia

**Figura 1.** Ventana de ubicación que permite seleccionar el sitio desde donde se realizarán las observaciones simuladas. Este paso es necesario para que el cielo real observado allí sea fielmente reproducido por el *Stellarium*. Una vez seleccionada la ciudad, haciendo clic en el lugar apropiado abajo a la izquierda, ella quedará predeterminada (memorizada) para los sucesivos usos del programa.

**¿DE QUÉ SE TRATA?**

Primera de dos notas sobre el uso de la simulación astronómica por computadora para propósitos pedagógicos.

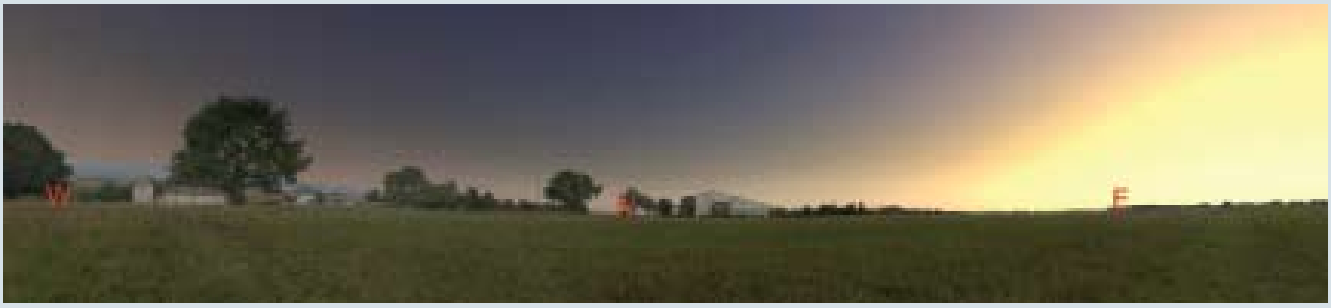



**Figura 2.** Imagen del horizonte centrada aproximadamente en el norte. *Stellarium* permite indicar los cuatro puntos cardinales con las letras W (O, en castellano), N, E y S (las tres primeras aparecen en esta captura de pantalla). El paisaje terrestre propuesto por el programa es uno típico campestre, con montes de árboles y algunas construcciones bajas. Las teclas [Page-Up] y [Page-Down] permiten achicar o agrandar, respectivamente, el campo de visión.

que separe al usuario de París, especialmente la diferencia de latitud, su cielo nocturno y el parisino serán más o menos diferentes, como también los horarios de salida (orto) y ocaso de los astros, y de otros fenómenos. Para establecer la ubicación exacta del observador virtual se puede tanto llevar el puntero del mouse hacia la parte inferior del costado izquierdo de la pantalla, como apretar la tecla F6 del teclado. En ambos casos aparece una pequeña ventana que permite fijar la latitud, la longitud y la altitud más adecuadas, o alternativamente seleccionar una ciudad (figura 1).

Supongamos que queremos averiguar a qué hora saldrá el Sol mañana. Sabemos que lo hará por el oriente, pero fijemos el punto cardinal este para ser más claros. Si esa zona del horizonte no se ve en la pantalla, podemos ponerla en ella tanto usando las flechas de movimiento hacia la derecha o la izquierda del teclado, como desplazando sobre la pantalla el puntero del mouse con el botón izquierdo de este activado (figura 2). Una vez que estemos mirando en la dirección más o menos correcta, solo será necesario acercarnos a la hora supuesta de salida del Sol. Para eso se pueden usar las teclas [j], [k] y [l] del teclado. La [l] acelera el paso del tiempo y la [j] lo retrasa, y lo hacen a mayor o menor velocidad según la cantidad de veces que las apretemos. La tecla [k], por su parte, vuelve el reloj a su paso normal. Así, si oprimimos varias veces la [l], el reloj y con él el estado del cielo irán velozmente hacia adelante, lo que se frenará apretando un par de veces la tecla [j]. Si se continúa activando la [j], el reloj terminará frenando del todo y luego marchando hacia atrás. Lo mismo se puede lograr llevando el puntero del mouse a la parte inferior izquierda de la pantalla y usando el menú horizontal que aparecerá allí, en el que se advertirán cuatro flechas de uso similar a las del control remoto de un reproductor de video (en este caso, la película que se hace adelantar o retroceder es la simulación del cielo). Una quinta flecha, que apunta hacia abajo, vuelve el tiempo al día y la hora reales, los del reloj de la computadora. Por este camino es fácil encontrar el lugar y la hora de la salida del Sol el día que se desee.

Esta forma de adelantar o atrasar el tiempo no es cómoda si se desea hacer transcurrir lapsos más largos, por ejemplo, de meses o años. En su reemplazo existe la opción tanto de recurrir a la tecla F5 como de llevar el puntero del mouse hacia la parte inferior del borde izquierdo de la pantalla y activar el ícono de un reloj que se verá aparecer en el menú vertical. En ambos casos se abrirá una pequeña ventana que permite escribir a mano la fecha que se desee (figura 3).

De esta manera, podremos elegir sucesivas fechas separadas por intervalos regulares a lo largo del año, por ejemplo, cada mes, y verificar los cambios de hora de la salida del Sol, lo mismo que las variaciones del lugar por donde sale. Advertiremos que el Sol no siempre sale por el mismo lugar del horizonte oriental, y que, con el cambio de las estaciones, las duraciones del día y la noche también se modifican. Y podremos hacer lo mismo con los lugares y las horas de la puesta del Sol. En otras palabras, *Stellarium* permite registrar de manera rápida una sucesión de datos que, por el camino tradicional de la astronomía –observar el cielo– llevaría un tiempo del que por lo general no se dispone en el contexto escolar.

Otro tema para el que el observatorio virtual es extremadamente útil es conocer qué constelaciones de estrellas se verían detrás del Sol cada día si la luz de este no impidiese verlas. Lo impide porque la atmósfera terrestre, responsable del color azul del cielo diurno, dispersa esa intensa luz –comparada con la débil luminosidad aparente de las estrellas– y vuelve el cielo extremadamente brillante, de modo que, salvo en situaciones anormales como un eclipse total del Sol, las constelaciones no se llegan a ver. Como se sabe, la sucesión de esas constelaciones conforma el zodíaco, y ellas van cambiando a lo largo del año debido a que, con la traslación de la Tierra alrededor del Sol, cada día cambia la dirección en la que miramos el cielo cuando dirigimos nuestra mirada hacia el Sol, una dirección que se altera un poco cada día hasta que, al cabo de un año, giró 360° y volvemos a mirar en la dirección del comienzo y a reiniciar el ciclo. Para describir esta situación se suele decir que el Sol 'pasa' por las constelaciones del zodíaco, aunque en realidad el Sol no se mueve con relación a ellas y ese movimiento es solo aparente para nosotros terrícolas, como consecuencia de nuestra carrera alrededor del Sol.

Es interesante señalar que las fotos obtenidas por astronautas desde la superficie de la Luna tienen siempre el cielo oscuro, incluso cuando el Sol está bien alto en su horizonte. ¿Por qué? Porque la Luna tiene una atmósfera tenue, que casi no llega a dispersar la luz solar. Quizá inspirándose en esto, los creadores del *Stellarium* ofrecieron una opción muy útil para analizar ese camino aparente del Sol entre las estrellas: simular la supresión de la atmósfera de la Tierra, cosa que se puede hacer con el ícono en forma de nubecita del menú horizontal que hacemos aparecer con el puntero del mouse a la izquierda de la parte inferior de la pantalla, o bien pulsando la tecla [a]. Así podremos pedir a los alumnos que busquen por qué constelación pasaba el Sol el día y año de su nacimiento.

**Figura 3.** Ventana de *Stellarium* que permite fijar la fecha (año-mes-día) y el horario (hora-minuto-segundo) de la simulación del cielo. En este ejemplo particular se ha elegido el 1 de diciembre de 2011 a las 13hs 17min 37seg. Es también posible elegir fechas arbitrariamente distantes, aunque se puede esperar que los algoritmos de cálculo de las posiciones de los astros produzcan resultados con un error mayor.

Para reconocer fácilmente las constelaciones, el programa permite hacer aparecer las líneas imaginarias que las determinan pulsando la tecla [c]. Con la tecla [r] pone en pantallas las figuras de las constelaciones y con la letra [v] coloca sus nombres a esas constelaciones.

Más allá de estos dos ejemplos de lo que se puede hacer con *Stellarium*, este brinda enormes oportunidades didácticas a los docentes. Señalamos a continuación algunos otros recursos básicos del programa que estos encontrarán útiles para imaginar esas posibilidades:

- El menú horizontal que hace aparecer el puntero del mouse cuando se lo lleva a la izquierda de la parte inferior de la pantalla permite hacer aparecer las líneas imaginarias de las coordenadas locales y ecuatoriales, suprimir la tierra (es decir, hacer desaparecer el horizonte), señalar los puntos cardinales, y seleccionar planetas y otros objetos celestes.
- La eclíptica, que señala el camino en el cielo por donde se mueve el Sol a lo largo del año, se puede hacer aparecer con la tecla [,] o bien pulsando F4 > Marcas > Línea de la eclíptica.
- Si se detiene el puntero del mouse sobre un objeto y se activa el botón izquierdo, el programa brinda información completa sobre ese objeto; con el botón derecho se elimina la selección.
- Ctrl + s [tecla Ctrl y luego s minúscula, sin desactivar la tecla Ctrl] archiva en la computadora una imagen de lo que se ve en la pantalla.
- El menú vertical de la izquierda permite acceder a una ventana de ayuda sobre las teclas y sus funciones.

Por último, veamos cómo cambiar de huso horario, pues es una función muy útil, aunque algo avanzada, y nos servirá para una de las actividades de la nota que saldrá en un próximo número. En esa ocasión nos desplazaremos virtualmente de nuestra ciudad hacia regiones con una notoria diferencia horaria, y será conveniente tener el reloj ajustado al nuevo cielo.

- Abramos la ventana de configuración [F2]. En la pestaña 'complementos' (o *plugins*) seleccionemos 'zona horaria' y activemos la casilla de verificación 'carga en el inicio' que se halla en el campo 'opciones'. Cerremos el *Stellarium*.
- Abramos nuevamente el *Stellarium*, pulsemos [F2] y seleccionemos 'zona horaria' de la pestaña 'complementos', pero ahora pulsemos el botón 'configurar' del campo de 'opciones'. Así se abre el cuadro de diálogo 'zona horaria'. Hay que seleccionar 'Offset o desplazamiento de UTC' y colocar el huso adecuado para la nueva ciudad en la que queramos trabajar. Por ejemplo, seleccionaremos +3 si se trata de Kuwait. Se graba esta elección y se vuelve a salir del programa.
- Cuando reingresemos al *Stellarium*, el reloj se ajustará a ese nuevo horario, el de Kuwait. Bastará ahora cambiar nuestra ubicación geográfica a esa ciudad y todo funcionará como si realmente viviésemos allí.

Con estos pocos ejemplos y mucha práctica esperamos lentamente comenzar a conocer el programa y, de a poco, ir pensando cómo incorporarlo a las secuencias de enseñanza.

El programa *Stellarium* puede descargarse en castellano en *http://www.stellarium.org/es/*.

## LECTURAS SUGERIDAS

**DUSSEL I**, 2011, *Aprender y enseñar en la cultura digital*, documento básico del VII Foro Latinoamericano de Educación, Santillana, Buenos Aires.

**Alejandro Gangui**
Doctor en astrofísica, Escuela Internacional de Estudios Avanzados, Trieste.
Investigador independiente del Conicet.
Profesor adjunto, FCEYN, UBA.
Miembro del Centro de Formación e Investigación en la Enseñanza de las Ciencias, FCEYN, UBA.
*gangui@df.uba.ar*
*cms.iafe.uba.ar/gangui*

**María C Iglesias**
Profesora universitaria en ciencias biológicas, FCEYN, UBA.
Docente de enseñanza secundaria.
Ayudante de cátedra, FCEYN, UBA.
*miglesias@cefiec.fcen.uba.ar*

# PROMOCIÓN 25 ANIVERSARIO DE CIENCIA HOY

# 3 x 2

## ¡Suscriba a dos amigos y obtenga su suscripción gratis!

## EN UN SOLO PASO

**SUSCRIPCIÓN 3X2 ☐ $520 (Pesos quinientos veinte)**

Suscripción individual ☐ $260 (Pesos doscientos sesenta)

Complete con sus datos:

Deseo suscribirme a partir del Nº _____

Nombre: _____

Dirección: _____

Localidad: _____ Prov: _____

C.P.: _____ Teléfono: _____

E-mail: _____

Complete si paga con tarjeta de crédito. No omita su firma y envíe copia de esta hoja con sus datos y los de sus amigos por e-mail a *pab@retina.ar* o por fax a (011)4961-1824 o 4962-1330.

American Express ☐ Visa ☐

Tarjeta Nº: _____

Código de seguridad: _____ Vencimiento: _____

Banco emisor: _____

Tipo de tarjeta (gold, plateada, etc): _____

Nombre (*como figura en la tarjeta*): _____

Tipo y número de documento: _____

Firma: _____

Como titular de la tarjeta mencionada deseo que el importe de ☐ $260 ☐ $520 (marcar lo que corresponda) correspondiente a la suscripción de la revista Ciencia Hoy se debite automáticamente en mi cuenta.

Complete si paga con cheque, giro postal, transferencia o depósito. Emita el cheque a la Asociación Civil Ciencia Hoy y mándelo con copia de esta hoja completada con sus datos y los de sus amigos. Si hace una transferencia a nuestra cuenta bancaria o un depósito en ella, hágalo a la caja de ahorro 4191884-2 003-7 de la Asociación Civil Ciencia Hoy, CUIT: 33-62775953-9, en el Banco de Galicia, CBU: 0070003030004191884279. Mándenos copia del comprobante de pago y de esta hoja con sus datos y los de sus amigos por e-mail a *pab@retina.ar* o por fax a (011) 4961-1824 o 4962-1330.

Cheque de Banco: _____ Nº _____ Giro Postal Ordinario Nº _____

Suscripción Amigo 1 a partir del Nº _____

Nombre. _____

Dirección _____

Localidad _____ Prov. _____

C.P _____ Teléfono. _____

E-mail _____

Suscripción Amigo 2 a partir del Nº _____

Nombre _____

Dirección _____

Localidad _____ Prov. _____

C.P. _____ Teléfono _____

E-mail _____

CIENCIA HOY

Av. Corrientes 2835, cuerpo A, 5º A
(C1193AAA) Ciudad de Buenos Aires
Tel/fax: (011) 4961-1824 y 4962-1330

*También puede obtener una copia de esta hoja pidiéndola por e-mail a a pab@retina.ar o entrando a la página http://www.cienciahoy.org.ar/suscripcion/*

Nicolás Bonadeo, Jefe del Departamento de Física Aplicada y Ensayos No Destructivos.

# 130 profesionales, 249.600 horas de investigación al año.

Desde el Centro de Investigación Industrial de Tenaris en Campana se mejoran los procesos en planta mientras se estudia e investiga el producto junto a usted. Para que pueda contar con la mejor respuesta de nuestros productos hasta en la más exigente de sus operaciones. Porque para que pueda llegar lejos, necesitamos estar más cerca.

**Tecnología en el producto. Innovación en el servicio.**

www.tenaris.com/argentina

Tenaris